

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Anthara (2010) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Usulan Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) (Studi Kasus di Divisi Mekanik PERUM DAMRI Bandung)”. Tujuan utama dari penerapan TPM di PERUM DAMRI ini adalah untuk mengidentifikasi dan mereduksi jenis kerusakan pada komponen kritis yang menjadi objek penelitian serta untuk meningkatkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai ukuran performansi dari penelitian ini. Hasil dari penelitian ini adalah tingkat produktivitas kerja bus kota di PERUM DAMRI cukup rendah dan berdasarkan perhitungan RPN komponen yang menempati prioritas dalam tindakan pemeliharaan secara berurutan adalah komponen seher, ring seher, metal duduk dan metal jalan.

Hapsari, Amar dan Perdana (2011) dalam penelitian “Pengukuran Efektivitas Mesin Dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) di PT. Setiaji Mandiri”. Hasil dari penelitian ini adalah hasil perhitungan nilai OEE untuk *sheet machine* 3 masih berada dibawah nilai 85%. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan penentuan *critical downtime* menggunakan diagram pareto. Berdasarkan analisis, terdapat tiga *critical downtime sheet machine* 3 yaitu pada unit *hydropulper*, *sheet stacker* dan *belt conveyor*. Usulan yang ditawarkan yaitu melakukan *autonomous maintenance* dan merubah sistem pemeliharaan dari *corrective* menjadi *preventive maintenance*.

Rahmad, Praktikto dan Wahyudi (2012) dalam penelitian implementasi TPM dengan menerapkan OEE pada pabrik gula PT. Y. Hasil penelitian menemukan masalah utama tentang *Breakdown maintenance*. Berdasarkan perhitungan OEE, analisis *six big losses* dan juga analisis sebab-akibat yang dilakukan ditemukan bahwa faktor yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin di Pabrik Gula PT. Y ini adalah faktor *reduced speed loss* dan *Breakdown loss*. Penyebab *reduced speed loss* umumnya disebabkan oleh faktor manusia, sedangkan penyebab *Breakdown loss* umumnya disebabkan sistem pemeliharaan mesin yang belum sesuai.

Sitinjak (2014) dalam penelitian “Analisis *Total Productive Maintenance* Pada Mesin *Carding Cotton* dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (Studi Kasus: PT. Easterntex – Pandaan)”. Hasil dari penelitian adalah nilai OEE mesin *carding cotton* sudah

diatas standar, nilai *losses* terbesar pada mesin carding cotton adalah *reduced speed losses*, berdasarkan perhitungan RPN terdapat 2 kegagalan yang menjadi prioritas utama yaitu PLC rusak dan *gearbox* aus. Usulan perbaikan yang diberikan adalah menggunakan *Resistance Temperature Detector* (RTD) dan melakukan pemeriksaan fan elektrik pada PLC secara rutin serta menggunakan *proximity sensor* dan melakukan pelumasan pada *top flat* untuk komponen *gearbox* yang aus.

Hasmaradana (2015) dalam penelitian perencanaan TPM pada PLTU Molotabu di Gorontalo dikarenakan PLTU ini belum memiliki sistem Pemeliharaan yang baku. Oleh karena itu metode TPM (*Total Productive Maintenance*) dipilih untuk menjaga kondisi peralatan PLTU dan meningkatkan produktifitas karyawannya. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Method Effect and Analysis* (FMEA) dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). OEE dari HP Pump unit 1 dan Turbin Unit 2 PLTU masing-masing adalah 93.1% dan 92.2%. TPM dapat diterapkan di PLTU Molotabu untuk meningkatkan OEE nya.

Dari hasil perbandingan secara teoritis beberapa metode diatas dan hasil di lapangan, metode yang digunakan pada penelitian di PT. Pindad (persero) adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui efektivitas mesin dan peralatan produksi yang diteliti. Selanjutnya peneliti juga melakukan analisis *six big losses* untuk mengetahui faktor penyebab *losses* yang paling besar dan melakukan analisis masalah guna memberikan usulan perbaikan terhadap *losses* yang terjadi dengan penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM). Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang ingin dilaksanakan terangkum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Ini

	Anthara (2010)	Hapsari, Amar, dan Perdana (2011)	Rahmad, Praktiko, Wahyudi (2012)	Sitinjak (2014)	Ezra Hasmaradana (2015)	Penelitian ini (2016)
Judul	Analisis Usulan Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) (Studi Kasus di Divisi Mekanik PERUM DAMRI Bandung)	Pengukuran Efektivitas Mesin Dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) di PT. Setiaji Mandiri	Penerapan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) dalam Implementasi <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	Analisis <i>Total Productive Maintenance</i> Pada Mesin <i>Carding Cotton</i> dengan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	Desain <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) untuk Peningkatan Keandalan <i>Productive System</i> PLTU Molotabu Gorontalo	Desain <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) Guna Mengurangi <i>Losses</i> Menggunakan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) pada Lini X
Lokasi Penelitian	PERUM DAMRI Bandung	PT. Setiaji Mandiri	Pabrik Gula PT. Y	PT. Easterntex Pandaan	PLTU Molotabu Gorontalo	PT. Pindad Divisi Munisi Turen
Metode dan analisis	TPM, OEE, RPN	TPM, OEE, diagram pareto	OEE, analisis <i>six big losses</i> , diagram pareto, <i>fishbone diagram</i> , TPM	TPM, OEE, <i>six big losses</i> , RPN	OEE, FMEA, RPN, diagram pareto, TPM	TPM, OEE, <i>six big losses</i> , diagram pareto, <i>fishbone diagram</i>
Hasil Penelitian	Nilai OEE, nilai RPN, analisis dan usulan perbaikan kerusakan	Nilai OEE, analisis dan usulan perbaikan	Nilai OEE, faktor terbesar penyebab <i>losses</i> dan usulan implementasi TPM	Nilai OEE, nilai RPN, analisis kerusakan dan usulan perbaikan	Nilai OEE, nilai RPN, analisis kerusakan dan perbaikan	Nilai OEE, faktor terbesar penyebab <i>losses</i> dan usulan perbaikan berdasarkan konsep TPM

2.2 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan adalah suatu fungsi yang terdapat dalam perusahaan pabrik yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain seperti halnya fungsi produksi. Karena apabila perusahaan mempunyai peralatan atau fasilitas, maka akan selalu berusaha untuk tetap menggunakan peralatan atau fasilitas tersebut. Pimpinan perusahaan tersebut akan selalu berusaha agar fasilitas / peralatan produksinya dapat dipergunakan sehingga kegiatan produksinya dapat berjalan tanpa halangan. Kegiatan-kegiatan pemeliharaan yang meliputi kegiatan pengecekan, meminyaki (*lubrication*) dan perbaikan/reparsi atas kerusakan-kerusakan yang ada serta penyesuaian/penggantian *spare part* atau komponen yang terdapat pada fasilitas tersebut sangat dibutuhkan. Tugas departemen pemeliharaan lebih dari menjaga agar pabrik dapat tetap produksi pada waktunya, akan tetapi untuk menjaga agar peralatan pabrik dapat bekerja secara efektif dan efisien dengan mengurangi *losses* menjadi seminimal mungkin. Jadi bagian pemeliharaan mempunyai peranan yang sangat menentukan dalam kegiatan produksi dari suatu perusahaan yang menyangkut kelancaran atau kemacetan produksi, kelambatan dan hasil produksi serta efisiensi metode produksi.

Dalam pemeliharaan perlu diperhatikan dengan baik karena sering terlihat dalam suatu perusahaan kurang memperhatikan masalah ini, sehingga terjadilah kegiatan pemeliharaan yang tidak teratur. Peranan mesin pada kegiatan produksi baru diingat setelah mesin yang dimiliki rusak dan *breakdown*. Baiknya kegiatan pemeliharaan harus dapat menjamin bahwa selama proses produksi berlangsung, tidak akan terjadi kemacetan yang disebabkan oleh mesin fasilitas produksi yang *breakdown*.

2.2.1 Pengertian Pemeliharaan

Maintenance (pemeliharaan) dapat dirujuk sebagai aktifitas untuk memelihara atau menjaga fasilitas / peralatan perusahaan dan mengadakan reparasi atau penyesuaian / penggantian yang dibutuhkan agar terjadi suatu keadaan produksi yang memuaskan sesuai dengan perencanaan. Maka dengan adanya kegiatan *maintenance* ini fasilitas / peralatan pabrik dapat digunakan untuk produksi sesuai dengan rencana, dan tidak mengalami kerusakan (*breakdown*) selama peralatan tersebut beroperasi untuk proses produksi atau sebelum umur pakai mesin tercapai. Oleh sebab itu dapat diharapkan proses produksi berjalan lancar dan terjamin kualitasnya, karena kemungkinan kemacetan yang disebabkan oleh buruknya beberapa fasilitas atau peralatan produksi telah dihilangkan atau dikurangi. (Assauri, 2008)

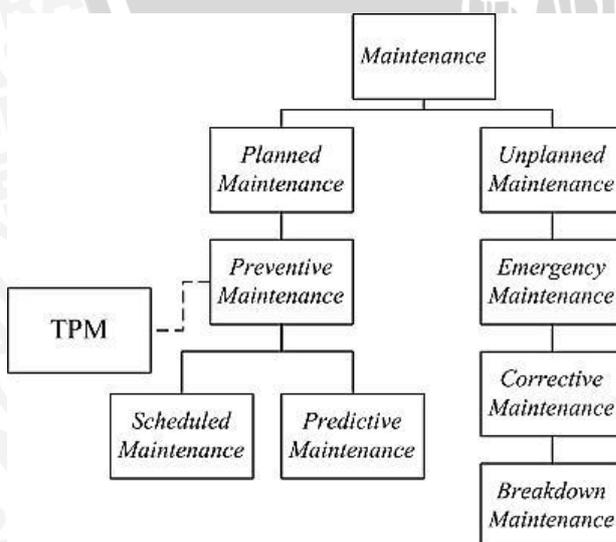
2.2.2 Tujuan Pemeliharaan

Tujuan utama fungsi pemeliharaan adalah

1. Produktivitas mampu memenuhi kebutuhan sesuai dengan perencanaan;
2. Menjaga kualitas untuk memenuhi kebutuhan produk itu sendiri dan aktifitas produksi yang lancar;
3. Untuk mengurangi pemakaian dan penyimpangan di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut;
4. Agar didapatkan tingkat biaya pemeliharaan seminimal mungkin, dengan melaksanakan *maintenance* secara efektif dan efisien;
5. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja;
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan atau *return of investment* yang sebaik mungkin dan total biaya yang paling rendah.

2.2.3 Jenis Pemeliharaan

Dalam pelaksanaannya industri mengenal dua bentuk kebijakan dasar dari program Pemeliharaan yang umum dikenal, yaitu Pemeliharaan kerusakan (*corrective maintenance*) dan Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) (Sudrajat, 2011). Gambar 2.1 menunjukkan jenis pemeliharaan serta posisi TPM dalam klasifikasi jenis pemeliharaan.



Gambar 2.1 Jenis Pemeliharaan

Keterangan : ——— Bagian
 - - - - - Modifikasi

1. Pemeliharaan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Breakdown Maintenance diartikan sebagai kebijakan pemeliharaan dengan cara mesin/peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Kebijakan tersebut merupakan strategi yang kurang baik karena dapat menimbulkan biaya yang tinggi, keuntungan bagi perusahaan akan berkurang karena disebabkan mesin berhenti, tidak ada jaminan keselamatan kerja, kondisi mesin tidak diketahui, dan perencanaan waktu, tenaga kerja maupun biaya yang kurang baik.

Metode ini diketahui sebagai pemeliharaan yang berdasarkan pada kerusakan (*failure based maintenance*). Kebijakan pemeliharaan ini tidak tepat untuk mesin-mesin yang memiliki tingkat kritis yang tinggi atau harga yang mahal, dan sesuai untuk mesin-mesin yang tidak memerlukan pemeliharaan secara intensif.

Keuntungan dari kebijakan *Breakdown Maintenance* :

- a. Murah dan tidak perlu adanya perencanaan pemeliharaan
- b. Cocok untuk mesin/peralatan yang murah dan sederhana.

Adapun kerugiannya adalah :

- a. Berbahaya dan kasar.
- b. Menyebabkan kerugian yang besar bila diterapkan pada mesin yang mahal, kompleks, dan dituntut tingkat keselamatan tinggi.
- c. Tidak bisa merencanakan pemeliharaan.

2. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive Maintenance yaitu pemeliharaan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan pada mesin. Kebijakan ini cukup baik, karena dapat mencegah berhentinya mesin sewaktu-waktu. Bila suatu sistem manufaktur menggunakan mesin-mesin yang bersifat kritis dan tidak mempunyai cadangan, serta tingginya jadwal produksi sehingga berhentinya sistem akan mengakibatkan suatu kerugian yang besar. Rekayasa pemeliharaan yang digunakan dapat berupa pemeliharaan pencegahan berbasis waktu atau pemeliharaan terprediksi.

Keuntungan kebijakan *Preventive Maintenance* terutama menjamin realibilitas dari sistem tersebut, keselamatan operator terjamin, umur pakai mesin akan menjadi lebih panjang, *downtime* proses produksi dapat diperkecil. Kerugian yang terjadi adalah banyak terbuangnya waktu operasi, kemungkinan akan terjadi *human error* dalam proses *assembling* atau lainnya.

Kebijakan *Preventive Maintenance* umumnya dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Ciri dari kebijakan ini terdapat inspeksi periodik dan adanya

perencanaan yang sistematis. Kegiatan utama dari kebijakan ini lebih terfokus pada inspeksi secara periodik dan pemulihan kondisi mesin secara terencana akibat berkurangnya fungsional mesin. Dengan demikian, pengertian *Preventive Maintenance* yaitu kegiatan pendeteksian atau penanganan secara tepat terhadap mesin/peralatan yang tidak normal sebelum terjadi kerusakan.

Tujuan *Preventive Maintenance* ditujukan untuk memaksimalkan ketersediaan mesin, meminimalisir ongkos melalui peningkatan keandalan. Dengan aktifitas mencakup *area process (operation, utility, main process, dll)* atau bisa diperluas ke area lain seperti *building office* dan fasilitas umum.

3. Pemeliharaan Terjadwal (*Scheduled Maintenance*)

Scheduled Maintenance merupakan bagian dari *Preventive Maintenance*. Pemeliharaan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan dan pemeliharaannya dilakukan berdasarkan waktu (*time based maintenance*). Kebijakan pemeliharaan ini cukup baik dalam mencegah terhentinya mesin yang tidak direncanakan. Penentuan waktu pemeliharaan didasarkan dari pengalaman, data masa lalu atau usulan dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan. Kekurangannya adalah jika rentang waktu pemeliharaan terlalu kecil dapat mengganggu kegiatan produksi dan meningkatkan kesalahan yang muncul karena ketidakcermatan teknisi dalam memasang komponen yang direparasi serta kemungkinan terdapat benda asing yang masuk kedalam sistem. Namun jika rentang waktu pemeliharaan terlalu besar maka mesin akan mengalami kerusakan sebelum tiba waktu pemeliharaan yang seharusnya. Selain itu jika kondisi mesin atau komponen mesin/peralatan masih baik dan menurut jadwal harus sudah diganti atau diperbaiki akan menimbulkan kerugian.

4. Pemeliharaan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Predictive Maintenance merupakan bagian *Preventive Maintenance*. *Predictive Maintenance* dapat diartikan sebagai strategi pemeliharaan dengan pelaksanaannya diacukan kepada keadaan mesin itu sendiri. Agar dapat menentukan keadaan mesin diadakan tindakan pengawasan atau *monitoring* secara rutin, jika terdapat gejala kerusakan dapat diambil tindakan perbaikan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, jika tidak terdapat gejala kerusakan yang terjadi dapat segera pula diketahui.

Predictive Maintenance disebut juga pemeliharaan berlandaskan kondisi (*condition based maintenance*) atau disebut pengawasan kondisi mesin (*machinery condition monitoring*), oleh karena itu untuk penentuan keadaan mesin dapat dilakukan dengan cara memeriksa mesin secara rutin.

2.2.4 Perkembangan Pemeliharaan

Dengan meningkatnya ketergantungan terhadap peralatan, mendorong kemauan untuk tetap menjaga peralatan pada kondisi yang bagus. Sesuai fungsi dari peralatan yang beralih dari pilihan alternatif menjadi sebuah kebutuhan, metode dalam mengelola peralatan ikut berkembang pula. Hingga sekarang, sejarah dalam mengelola peralatan/mesin dapat dikelompokkan menjadi lima fase yang tergolong dalam *pre-maintenance era* dan *the maintenance era* yang disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2
Evolusi metode pemeliharaan

	Period	Characteristics	Objectives	Concepts Developed
Phase 1 Breakdown management	Pre-1950	Repair only when machines were down	Repair equipment failures in reasonable time	"If it ain't broke, don't fix it"
Phase 2 Preventive maintenance	1950s	Establish maintenance functions Time-based maintenance	Extend equipment life Reduce unscheduled downtime and defects	Preventive maintenance Productive maintenance Maintainability improvement
Phase 3 Productive maintenance	1960s	Reliability focus Maintainability focus Cost conscious	Reduce unscheduled downtime and defects while increasing maintenance efficiency	Reliability engineering Maintainability engineering Engineering economy Reliability-centered maintenance (RCM)
Phase 4 Total productive maintenance (TPM)	1970s	Preventive maintenance plus TQC and total employee involvement	Zero breakdowns and zero defects	Behavioral sciences Systems engineering Ecology Maintenance prevention Just in time (JIT) TQC and TQM Terotechnology
Phase 5 TPM with predictive maintenance	1980s–1990s	TPM practices Condition-based maintenance Application of CMMS	Zero breakdowns and zero defects Optimization of availability	Computerized maintenance management Artificial intelligence and expert systems

Sumber : Kern Peng (2012:27)

2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

Menurut Nakajima (1988), TPM adalah kombinasi dari Pemeliharaan preventif Amerika dan konsep dari *Total Quality Management* Jepang. TPM adalah sebuah metodologi yang berasal dari Jepang untuk menunjang sistem manufaktur. TPM terbukti sebagai strategi manufaktur yang berhasil digunakan secara global untuk mencapai tujuan dari organisasi dalam lingkungan yang kompetitif.

Total Productive Maintenance terdiri dari 3 kata yang memiliki arti (Ahuja, 2009) :

- *Total* : menandakan pandangan dari berbagai aspek dan melibatkan semua orang di perusahaan dari atas ke bawah
- *Productive* : menekankan pelaksanaan Pemeliharaan saat produksi berjalan dan meminimalisasi kendala-kendala pada proses produksi

- *Maintenance* : memiliki arti Pemeliharaan peralatan oleh operator secara mandiri seperti pembersihan, pelumasan, dan perbaikan ringan, dan menyisihkan waktu untuk kegiatan itu

Definisi *Total Productive Maintenance* dari beberapa sumber:

- a. Menurut Nakajima (1989), TPM adalah pendekatan inovatif terhadap Pemeliharaan yang mengoptimalkan keefektifan peralatan, mengeliminasi *Breakdown*, dan mempromosikan Pemeliharaan otonom oleh operator dalam kegiatan harian yang melibatkan pekerja.
- b. Menurut Rhyne (1990), TPM adalah penghubung antara Pemeliharaan dan organisasi fungsi produksi untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi sisa produksi, mengurangi biaya manufaktur, meningkatkan ketersediaan peralatan, dan meningkatkan organisasi Pemeliharaan.
- c. Menurut Wireman (1990), TPM adalah pengembangan strategi Pemeliharaan yang melibatkan seluruh karyawan dalam organisasi dari manajemen atas hingga karyawan dan menghubungkan seluruh departemen dari Pemeliharaan, operasional, perencanaan teknis, teknikal proyek, inventori, pembelian, finansial akuntansi, dan manajemen perencanaan.
- d. Menurut Robinson dan Ginder (1995), TPM adalah pengembangan dari metode produksi yang didesain untuk mengoptimalkan kehandalan peralatan dan memastikan efisiensi asset dari manajemen.
- e. Menurut Witt (2006), TPM adalah seputar komunikasi yang dimandatkan kepada operator, karyawan Pemeliharaan dan teknis secara bersamaan dan dapat dimengerti dalam bahasa satu sama lain.

Salah satu hal yang ingin dicapai dalam penerapan TPM adalah mengurangi atau menghilangkan enam kerugian besar (*Six Big Losses*) yaitu :

- a. Kerusakan peralatan (*Equipment Failure*)
- b. Kerugian menyiapkan dan mengatur mesin (*Set Up and Adjustment Loss*)
- c. Waktu tunggu dan kemacetan akibat operasi tidak normal (*Idling and Minor Stoppage Loss*)
- d. Cacat pada proses produksi (*Defects in Process*)
- e. Mesin tidak beroperasi pada kecepatan optimalnya (*Reduced Speed*)
- f. Kapasitas produksi mesin di bawah kapasitas optimumnya (*Reduced Yield*)

2.3.1 Fokus dan Modifikasi TPM

Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) mendefinisikan TPM (Nakajima, 1988; Heston, 2006), terfokus utama pada sektor produksi, seperti :

1. TPM bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi peralatan (*Overall efficiency improvement*).
2. TPM bertujuan untuk menyeimbangkan sistem keseluruhan dari *Preventive Maintenance*, direncanakan sepanjang umur pakai dari peralatan.
3. TPM beroperasi pada semua sektor yang melibatkan peralatan, termasuk dari sector perencanaan, penggunaan dan pemeliharaan.
4. TPM didasarkan pada keikutsertaan dari semua anggota, dari *top management* hingga pekerja..
5. TPM mengikutsertakan *Preventive Maintenance* melalui manajemen motivasi.

Seiring perkembangan jaman, TPM telah dimodifikasi (Shirose, 1996) antara lain menjadi :

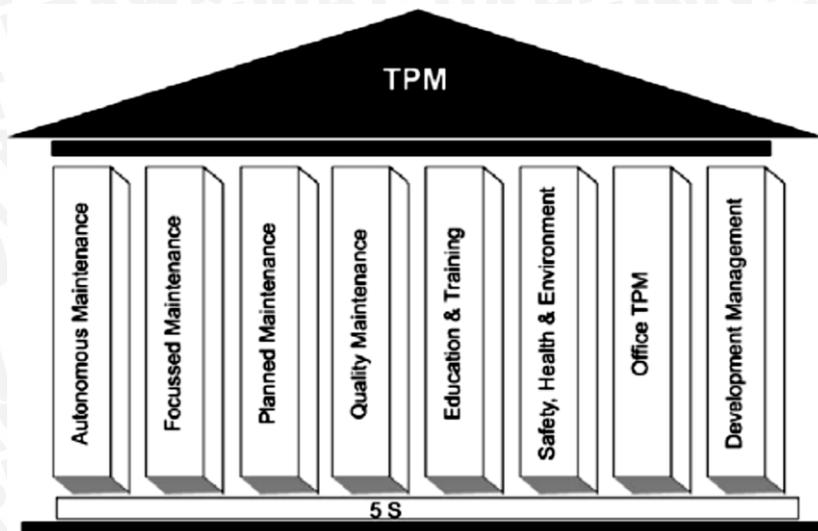
1. Untuk menciptakan sistem perusahaan yang memaksimalkan efisiensi dari sistem produksi (*Overall Efficiency Improvement*).
2. Mendirikan mekanisme untuk mencegah kemungkinan losses dalam awal lini dan memfokuskan pada hasil produk, yang termasuk dalam “*Zero Accidents, Zero Defects and Zero Failures*” dalam siklus sistem produksi.
3. TPM diaplikasikan dalam semua sektor, termasuk departemen produksi, departemen pengembangan dan departemen administrasi.
4. TPM didasarkan pada keikutsertaan dari seluruh anggota, dari manajemen atas hingga pekerja.
5. Mendekati *zero losses* selama proses dengan aktivitas kelompok kecil.

2.3.2 Pilar TPM

Total Productive Maintenance memiliki delapan pilar untuk meningkatkan kinerja perusahaan dalam bidang Pemeliharaan (Nakajima, 1988). Konsep 5 S mendasari delapan pilar lainnya. Delapan pilar *Total Productive Maintenance* (Gambar 2.2) adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan Mandiri (*Autonomus Maintenance*);
2. *Kobetsu Kaizen* atau *countinuous maintenance* (*Focussed Maintenance*);
3. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*);
4. Pemeliharaan Kualitas (*Quality Maintenance*);

5. Pendidikan dan Pelatihan (*Education and Training*);
6. Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan Kerja (*Safety, Health, and Environment*);
7. Peningkatan Manajemen Administrasi (*Office TPM*);
8. Manajemen Pengembangan (*Development Management*).



Gambar 2.2 8 Pilar TPM
Sumber : Ahuja (2009:426)

1. Pilar Dasar : 5S

Total Productive Maintenance dengan 5S, karena permasalahan tidak dapat terlihat jelas apabila tempat kerja tidak tersusun secara rapi. Lima S tersebut adalah konsep kehidupan sederhana dari masyarakat Jepang yang terdiri dari: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* dan *Shitsuke* (Tabel 2.3). Konsep 5S merupakan dasar dari delapan pilar TPM.

Tabel 2.3
Konsep 5 S

Istilah Jepang	Terjemahan Inggris	Istilah berawalan 'S' yang setara	Istilah dalam '5R' yang setara
<i>Seiri</i>	<i>Organization</i>	<i>Sort</i>	Ringkas
<i>Seiton</i>	<i>Tidiness</i>	<i>Systematize</i>	Rapi
<i>Seiso</i>	<i>Cleaning</i>	<i>Sweep</i>	Resik
<i>Seiketsu</i>	<i>Standardization</i>	<i>Standardize</i>	Rawat
<i>Shitsuke</i>	<i>Discipline</i>	<i>Self-Discipline</i>	Rajin

2. Pilar Pertama : *Autonomous Maintenance (Jishu Hozen)*

Adalah pemberian tugas pemeliharaan kepada operator untuk melakukan pemeliharaan sederhana. Pemeliharaan yang dapat dilakukan oleh bagian-bagian lain (operator) sebagai berikut:

- a) Membersihkan debu dan kotoran lain yang mengganggu mesin, perbaikan ringan, memberikan lubrikasi jika diperlukan, mengencangkan sambungan yang kendur.
- b) Mencegah datangnya debu dan kotoran-kotoran lain yang mengganggu.
- c) Menstandarkan tata kerja *maintenance* pada kasus-kasus tertentu dan disepakati bersama.
- d) Melakukan inspeksi dan perbaikan-perbaikan ringan.

3. Pilar Kedua : *Kaizen*

Kaizen dapat diartikan perbaikan yang berkelanjutan (*continous improvement*). Semangat *kaizen* berdasarkan pada pandangan berikut :

- a) Hari ini harus lebih baik dari hari kemarin, dan hari esok harus lebih baik dari pada hari ini.
- b) Setiap hari harus ada perbaikan/peningkatan.
- c) Masalah yang ditimbulkan adalah peningkatan sumber daya.
- d) Menghargai adanya perbaikan/peningkatan meskipun kecil.
- e) Perbaikan/peningkatan tidak harus memerlukan investasi yang besar.

4. Pilar Ketiga : Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Pemeliharaan adalah kegiatan atau aktivitas yang dilakukan untuk menjaga setiap sarana dan prasarana agar tetap dalam keadaan yang baik. Secara garis besar ada empat macam pemeliharaan yaitu *Breakdown Maintenance*, *Preventive Maintenance*, *Predictive Maintenance* dan *Scheduled Maintenance*.

5. Pilar Keempat: Pemeliharaan dengan kualitas (*Quality Maintenance*)

Quality maintenance memiliki tujuan untuk memberikan rasa puas kepada pelanggan dengan cara menciptakan mutu yang paling tinggi. Kegiatan *Quality maintenance* dapat menetapkan kondisi peralatan yang menghalangi pencapaian mutu sesuai dengan standar mesin perusahaan tersebut.

6. Pilar Kelima : Pelatihan (*Training*)

Training bermaksud agar karyawan memiliki keahlian yang memadai dan meningkatkan keterampilan para karyawan. Sebab karyawan tidak cukup hanya mengetahui saja “*Know How*” tetapi harus mengetahui “*Know Why*” tujuan akhir

training ini adalah akan menciptakan sebuah perusahaan yang penuh dengan tenaga ahli.

7. Pilar Keenam : Organisasi Kerja TPM (*Office TPM*)

Office TPM dimulai setelah mengaplikasikan lima pilar TPM yaitu: *Jishu Hozen*, *Kobetsu*, *Kaizen*, *Quality Maintenance*, dan *Planned Maintenance*. Tujuan *Office TPM* adalah meningkatkan nilai produktivitas dengan efisiensi dalam administrasi.

8. Pilar Ketujuh : Keselamatan (*Safety*), Kesehatan (*Health*), dan Lingkungan (*Environment*)

Target pada pilar ini adalah *zero accident*, *zero health damage*, dan *zerofires*. Pilar ini berfokus untuk menciptakan suatu tempat kerja yang aman, dan lingkungan yang tidak rusak akibat proses produksi.

9. Pilar Kedelapan : Manajemen Pengembangan (*Development Management*)

Pada pilar ini didasarkan pada pengembangan peralatan yang telah ada dengan desain baru dan pengembangan manajemen dengan mendukung proses produksi dan pemeliharaan.

2.3.3 Komponen Utama TPM

Total Productive Maintenance melibatkan peningkatan peralatan produksi dengan pelatihan pemeliharaan yang lebih efisien. Maka diperlukan perencanaan dan penjadwalan yang akurat, informasi keandalan peralatan, dan suku cadang yang baik. Komponen utama TPM (Moblely, 2008) antara lain adalah :

1. Edukasi dan Pelatihan

Elemen ini mendukung semua komponen TPM dengan memastikan pekerja mendapatkan pendekatan pengetahuan dan keahlian untuk melakukan pekerjaan yang terkait dengan TPM.

2. *Autonomous Maintenance*

Autonomous Maintenance melibatkan pekerja yang proaktif dalam hal membersihkan, mengawasi, mengencangkan sambungan, mendata dan melaporkan kondisi peralatan yang ada.

3. *Preventive Maintenance*

Didasarkan pada inspeksi yang dalam untuk mendeteksi dan mengoreksi kondisi yang mungkin menyebabkan *breakdown*, terganggunya proses produksi dan pemakaian prematur. Fungsi ini terdiri dari inspeksi periodik, pengembalian keburukan yang terencana dan mengganti komponen.

4. Perencanaan dan Penjadwalan

Elemen ini berkaitan dengan jadwal produksi, jadwal pemeliharaan preventif dan kegiatan lain yang membutuhkan peralatan.

5. Teknik Keandalan dan Pemeliharaan Prediktif

Fungsi ini berkaitan tentang pengembangan teknik pemeliharaan prediktif seperti analisis getaran, analisis suhu, dan analisis pelumas. Yang bertujuan untuk mendapatkan keandalan mesin.

6. Desain Peralatan dan Manajemen Awal

Komponen ini berdasar pada pengetahuan yang didapat dalam pemeliharaan peralatan yang telah ada menuju ke desain peralatan yang baru. Tujuannya adalah untuk menyelesaikan dengan cepat dan meningkatkan performa percepatan produksi.

2.3.4 Langkah implementasi TPM

Secara garis besar Nakajima merumuskan beberapa langkah implementasi TPM dalam 4 fase yang terangkum pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4
Langkah implementasi metode TPM

Fase Implementasi	Langkah Implementasi TPM	Aktivitas yang terkait
Persiapan	1. Pengumuman dari <i>top management</i> untuk mengenalkan TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Memberi pengumuman pengenalan TPM (seminar, majalah, surat edaran, dlsb)
	2. Kampanye untuk memperkenalkan TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Manajer : member pelatihan pada semua level • Karyawan : pertemuan untuk memperkenalkan TPM
	3. Membentuk organisasi untuk mempromosikan TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Membentuk organisasi untuk program TPM • Dengan memberikan hak kepada anggota
	4. Menentukan kebijakan dan tujuan	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat patokan dan mengembangkan target • Memprediksikan efek yang terjadi
	5. Merumuskan <i>masterplan</i> untuk pengembangan TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat <i>step-by-step</i> rencana implementasi TPM • Membuat kerangka strategi
Pendahuluan	6. Memulai pelaksanaan TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Mengundang <i>supplier</i>, perusahaan yang terkait dan perusahaan gabungan

Tabel 2.4 (lanjutan)

Implementasi TPM	7. Menetapkan sistem untuk mengembangkan efisiensi dari produksi	<ul style="list-style-type: none"> Mencari pengembangan efisiensi dalam departemen produksi
	8. Memperbaiki keefektifan untuk setiap peralatan	<ul style="list-style-type: none"> Membentuk <i>Small Group Activities</i> pada produksi
	9. Membudayakan <i>Autonomus Maintenance Program</i>	<ul style="list-style-type: none"> Sistematika kerja, diagnosis
	10. Membudayakan <i>Scheduled Maintenance Program</i> untuk departemen pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan pemeliharaan, pemeliharaan periodik, pemeliharaan prediktif
	11. Mengadakan pelatihan untuk meningkatkan kemampuan operasi dan pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> Membentuk kelompok dengan ketua dan anggota
	12. Mengembangkan tingkatan perlengkapan program manajemen	<ul style="list-style-type: none"> Mengembangkan produk manufaktur yang mudah dan peralatan produksi yang mudah untuk dioperasikan
	13. Menentukan organisasional kualitas pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> Mengatur kondisi tanpa cacat
	14. Menentukan sistem untuk meningkatkan efisiensi administrasi	<ul style="list-style-type: none"> Mendukung produksi, meningkatkan efisiensi bagian yang terpilih
	15. Menentukan sistem untuk mengatur Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> Sistem <i>zero accidents</i> dan <i>zero pollution cases</i>
	Stabilisasi	16. Implementasi TPM yang sempurna dan meningkatkan performa TPM

Sumber : Ahuja (2009:432)

2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness adalah sebuah cara untuk mengamati dan meningkatkan efisiensi dalam sebuah proses manufaktur. Dikembangkan di pertengahan tahun 1990, OEE menjadi alat manajemen yang diterima untuk menghitung dan mengevaluasi rencana produksi. OEE dibagi menjadi tiga bagian pengukuran yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Ketiga pengukuran tersebut membantu mengetahui efisiensi dan keefektifan dari perencanaan serta mengategorikan poin poin yang menjadi

faktor pengurang produktifitas yang terjadi selama proses manufaktur berjalan. OEE memperkuat beberapa perusahaan manufaktur untuk meningkatkan proses-proses yang berjalan untuk memastikan kualitas, konsistensi dan produktifitas yang terhitung. Dari definisi tersebut, OEE adalah hasil perkalian dari *Availability*, *Performance* dan *Quality*.

Rumus yang digunakan untuk menghitung OEE (Ahuja, 2009) adalah

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (2-1)$$

Standar TPM berdasar JIPM adalah 90% *Availability*, 95% *Performance efficiency* dan 99% *rate of quality product*. Dan apabila nilai OEE-nya diatas 85% maka dianggap perusahaan kelas dunia dan sebagai patokan untuk lainnya. TPM digunakan untuk memperbaiki nilai OEE, yang sangat penting sebagai indikator performa, digunakan untuk mengukur keberhasilan TPM dalam sebuah organisasi.

2.4.1 *Availability*

Availability (ketersediaan) merupakan suatu perbandingan yang mendeskripsikan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasional. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengurangi *loading time dengan downtime* peralatan. Dengan demikian formula yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* (Ahuja, 2009) adalah:

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Down\ Time}{Loading\ Time} \times 100\ \% \quad (2-2)$$

Keterangan :

Loading time adalah waktu yang tersedia per hari atau per bulan dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang terencana (*planned downtime*) dalam satuan jam.

Downtime adalah waktu ketika mesin tidak beroperasi sesuai pada jadwalnya (*breakdown* dan *setup*) dalam satuan jam.

2.4.2 *Performance Rate Efficiency*

Performance rate efficiency merupakan suatu perbandingan yang menjelaskan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Perbandingan ini merupakan hasil dari *Ideal cycle time* dan *Processed amount*. *Operation speed rate* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net Operation rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, untuk mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. Formula pengukuran rasio ini (Ahuja, 2009) adalah:

Performance efficiency = *Operation speed rate* x *net operation rate* x 100 %

$$= \frac{\text{Ideal cycle time}}{\text{actual cycle time}} \times \frac{\text{actual cycle time} \times \text{Processed amount}}{\text{operating time}} \times 100\%$$

$$\text{Performance efficiency} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{Processed amount}}{\text{Operating Time}} \times 100 \% \quad (2-3)$$

Keterangan :

Ideal cycle time adalah waktu ideal yang diperlukan untuk menghasilkan satu produk (dalam satuan jam/produk).

Actual cycle time adalah waktu aktual yang diperlukan untuk menghasilkan satu produk (dalam satuan jam/produk).

Processed amount adalah jumlah bahan baku yang melewati proses produksi atau dapat disebut banyaknya seluruh produksi dalam satuan produk.

Operating Time adalah waktu mesin beroperasi dalam jam didapat dari waktu tersedia dikurangi dengan waktu *downtime*

2.4.3 Rate of Quality Product

Rate of quality product merupakan suatu perbandingan yang menggambarkan kemampuan peralatan untuk memproduksi barang baik sesuai dengan standar atau perbandingan jumlah produk yang baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini (Ahuja, 2009) adalah :

$$\text{Rate of quality product} = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100 \% \quad (2-4)$$

Keterangan :

Defect amount adalah jumlah barang yang tidak memenuhi standar dapat dikatakan barang *reject* atau produk cacat.

2.5 Six big losses

Dalam proses produksi seringkali terjadi beberapa gangguan pada mesin/peralatan yang menyebabkan terhambatnya proses produksi. OEE menyoroti 6 kerugian utama (*Six big losses*) penyebab peralatan produksi tidak beroperasi secara normal (Gambar 2.3). Menurut Stephens (2004) dibagi atas tiga kategori besar yaitu *downtime losses*, *speed losses*, *quality losses*. Berikut pengelompokan enam kerugian utama (*six big losses*) diantaranya :

1. Downtime Losses

Downtime adalah waktu yang terbuang, dimana proses produksi yang tidak berjalan yang biasanya diakibatkan oleh kerusakan mesin. *Downtime* terdiri dari 2 macam kerugian yaitu :

- a. *Breakdown losses/Equipment Failures* yaitu kerusakan mesin/peralatan secara tiba-tiba, tentunya kerusakan tersebut dapat menimbulkan kerugian, dimana mesin tidak beroperasi menghasilkan output yang diinginkan. Berikut perhitungan *Breakdown losses/equipment losses* dengan rumus (Stepens, 2004)

$$\text{Breakdown losses} = \frac{\text{Waktu downtime}}{\text{Waktu loading}} \times 100 \% \quad (2-5)$$

- b. *Setup and Adjustment Losses*, dikarenakan adanya waktu yang tercuri akibat waktu setup yang tercuri akibat waktu setup yang lama. Berikut perhitungan *Setup and Adjustment Losses* dengan rumus (Stepens, 2004)

$$\text{Setup and Adjustment} = \frac{\text{waktu setup}}{\text{waktu loading}} \times 100 \% \quad (2-6)$$

Keterangan :

Waktu *setup* : waktu persiapan sebelum mesin beroperasi normal

2. Speed Losses

Speed losses adalah suatu keadaan dimana kecepatan proses produksi terganggu sehingga produksi tidak mencapai tingkat yang diharapkan. *Speed Losses* terdiri dari dua macam kerugian, yaitu :

- a. *Idling and Minor Stoppage Losses* merupakan kerugian yang disebabkan karena mesin beroperasi menghasilkan produk atau pemberhentian mesin sementara, sehingga menyebabkan mesin menganggur (*idle*). Menurut Stephens (2004) besarnya nilai resensi *Idling and Minor Stoppage Losses* dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Idling and Minor Stoppage Losses} = \frac{\text{non productive}}{\text{waktu loading}} \times 100 \% \quad (2-7)$$

Keterangan :

Non productive : waktu yang terbuang oleh faktor eksternal (mati lampu dlsb)

- b. *Reduced speed losses*, dimana kerugian ini disebabkan karena mesin/peralatan mengalami penurunan kecepatan. Berikut perhitungan *Reduced speed losses* dengan rumus (Stepens, 2004) :

$$\text{Reduced speed losses} = \frac{\text{waktu operasi} - (\text{ideal cycle time} \times \text{jumlah produk})}{\text{waktu loading}} \times 100 \% \quad (2-8)$$

3. Quality Losses

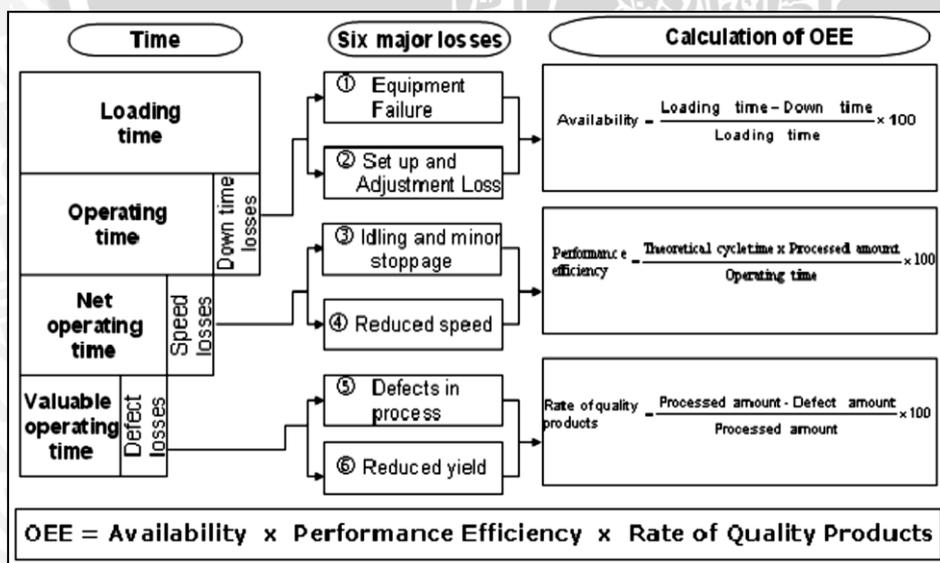
Quality Losses adalah suatu keadaan dimana produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. *Quality Losses* terdiri dari 2 macam, antara lain:

- a. *Process Defect*, kerugian dikarenakan produk hasil produksi dimana produk tersebut memiliki kekurangan (cacat) setelah keluar dari proses produksi. Spesifikasi produk cacat biasanya tidak memenuhi standar produk yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Berikut perhitungan *Process Defect* dengan rumus (Stephens, 2004) :

$$\text{Process defect} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{jumlah cacat produksi}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (2-9)$$

- b. *Reduced Yield Losses*, kerugian yang diakibatkan suatu keadaan dimana produk yang dihasilkan tidak sesuai standar, karena terdapat perbedaan kualitas antara mesin saat pertama kali dinyalakan dengan saat mesin tersebut stabil beroperasi. Pada saat mesin pertama kali beroperasi, baik kualitas maupun kuantitas dari produk yang dihasilkan tidak sebaik jika mesin tersebut sudah dalam keadaan stabil. Berikut perhitungan *Reduced Yield Losses*, dengan menggunakan formula (Stephens, 2004) :

$$\text{Reduced yield losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{jumlah cacat saat setting}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (2-10)$$



Gambar 2.3 Perhitungan overall equipment effectiveness dan six big losses
Sumber : Ahuja (2009:428)

2.6 Tools of Quality

Alat pengendalian kualitas proses statistik merupakan alat bantu yang bermanfaat untuk memetakan lingkup persoalan, menyusun data dalam diagram-diagram agar lebih mudah dipahami, menelusuri berbagai kemungkinan penyebab persoalan dan memperjelas kenyataan atau fenomena yang otentik dalam suatu persoalan. Tujuh alat pengendali statistic oleh Heizer dan Render (2006) antara lain yaitu histogram, diagram pareto, *fishbone diagram*, *scatter diagram*, *Control Chart*, *check sheet* dan *flowchart*.

1. Histogram

Histogram adalah suatu alat yang membantu untuk menentukan variasi dalam proses. Berbentuk diagram batang yang menunjukkan tabulasi dari data yang diatur berdasarkan ukurannya. Tabulasi data ini umumnya dikenal sebagai distribusi frekuensi. Histogram menunjukkan karakteristik-karakteristik dari data yang dibagi-bagi menjadi kelas-kelas.

2. Diagram Pareto

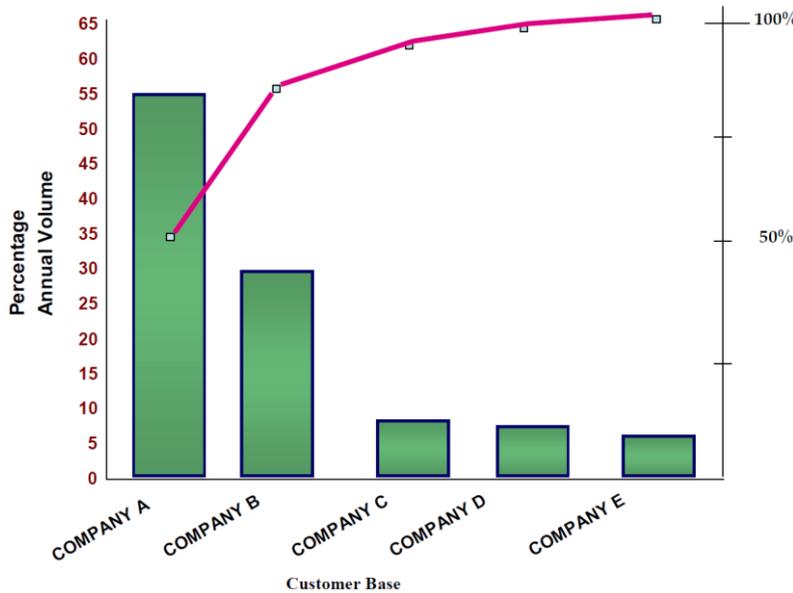
Diagram Pareto adalah sebuah metode untuk mengelola kesalahan, masalah atas cacat dan untuk membantu memusatkan perhatian pada usaha penyelesaian masalah. Diagram ini berdasarkan pekerjaan Vilfredo Pareto seorang pakar ekonomi di abad ke-19. Joseph M. Juran mempopulerkan pekerjaan Pareto dengan menyatakan bahwa 80% permasalahan perusahaan merupakan hasil dari penyebab yang hanya 20%. Contoh diagram pareto tersaji pada gambar 2.4.

Dengan memakai diagram pareto, dapat terlihat masalah mana yang dominan sehingga dapat mengetahui prioritas penyelesaian masalah. Pada dasarnya diagram pareto dapat digunakan sebagai alat interpretasi untuk:

- a. Analisis *komplain* (jumlah kejadian) di perusahaan.
- b. Analisis jenis *defect* (pcs) yang terjadi dari hasil QC.
- c. Analisis *losses* (unit) sparepart di gudang.
- d. Analisis produk *rework* (pcs) berdasar tipe produk.
- e. Analisis *breakdown* mesin (frekuensi atau jam) berdasarkan jenis mesin.

Manfaat dari diagram pareto antara lain :

- a. Merupakan pedoman memilih peluang perbaikan berdasar prinsip “*vital few*” dari “*trivial many*”.
- b. Memfokuskan sumber daya pada area / *defect* / penyebab yang menghasilkan keuntungan yang terbesar.
- c. Membandingkan frekuensi dan/atau dampak dari berbagai penyebab masalah.



Gambar 2.4 Contoh diagram pareto

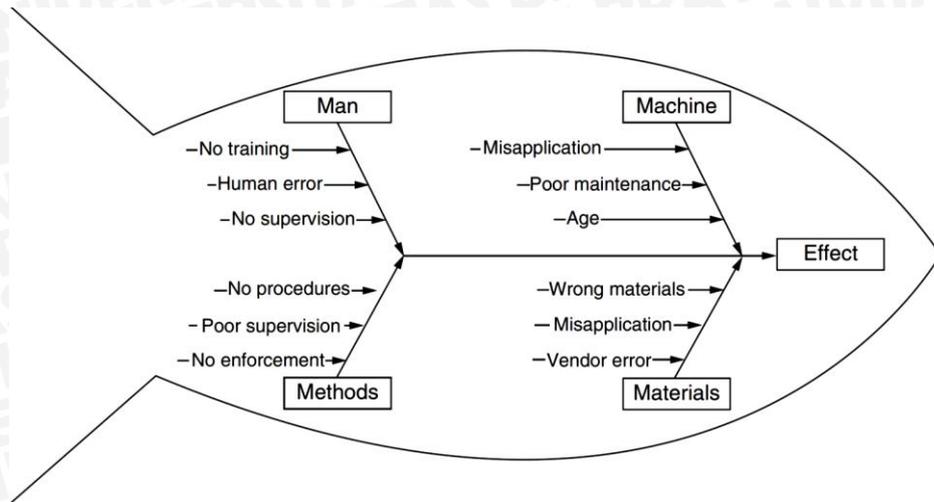
Sumber : McCarthy (2015:128)

3. Diagram Sebab Akibat (*Cause Effect Diagram*)

Diagram ini dikenal dengan istilah diagram tulang ikan (*fish bone diagram*) diperkenalkan pertama kalinya ditahun 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. Dalam hal ini metode sumbang saran akan cukup efektif digunakan untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kerja secara detail. Contoh diagram sebab akibat disajikan dalam gambar 2.5.

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

- a. Manusia (*man*)
- b. Metode kerja (*method*)
- c. Mesin atau peralatan kerja lainnya (*machine*)
- d. Bahan baku (*material*)
- e. Lingkungan kerja (*mothernature*)



Gambar 2.5 Contoh cause effect diagram

Sumber : Mobley (2008 : 3.139)

4. Diagram Scatter

Scatter diagram disebut juga dengan peta korelasi grafik yang menampilkan hubungan antara dua variabel apakah hubungan antara dua variabel tersebut kuat atau tidak yaitu antara faktor proses yang mempengaruhi proses dengan kualitas produk. Pada dasarnya diagram sebar merupakan suatu alat interpretasi data yang digunakan untuk menguji bagaimana kuatnya hubungan antar dua variabel dan menentukan jenis hubungan dari dua variabel tersebut, apakah positif, negatif, atau tidak ada hubungan.

5. Control Chart (peta kendali)

Peta kendali adalah suatu alat yang secara gratis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas/proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta kendali menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada peta kendali.

6. Check Sheet

Check Sheet atau lembar pemeriksaan merupakan alat pengumpul dan penganalisis data yang disajikan dalam bentuk tabel yang berisi data jumlah barang yang diproduksi dan jenis ketidaksuaian beserta dengan jumlah yang dihasilkannya. Tujuan digunakannya check sheet ini adalah untuk mempermudah proses pengumpulan data dan analisis, serta untuk mengetahui area permasalahan berdasarkan frekuensi dari jenis atau penyebab dan mengambil keputusan untuk melakukan perbaikan atau tidak.

7. Flowchart

Diagram Alir secara grafis menyajikan sebuah proses atau sistem dengan menggunakan kotak dan garis yang saling berhubungan. Diagram ini cukup sederhana, tetapi merupakan alat yang sangat baik untuk memahami sebuah proses atau menjelaskan langkah-langkah sebuah proses.

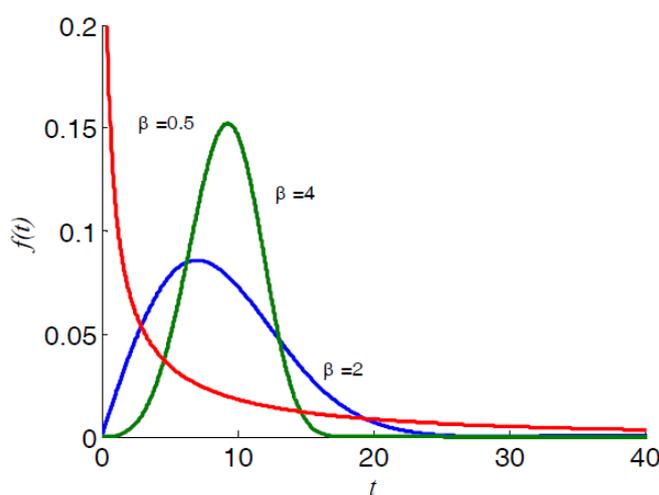
- Mengumpulkan data mengimplementasikan data juga merupakan ringkasan visual dari data itu sehingga memudahkan dalam pemahaman.
- Menunjukkan input dan output dari suatu proses.
- Menunjukkan apa yang sedang terjadi dalam situasi tertentu sepanjang waktu

2.7 Mean Time to Failure dalam Distribusi Weibull

Distribusi weibull adalah salah satu distribusi kontinu yang paling banyak digunakan di keandalan dan rekayasa pemeliharaan. Distribusi weibull adalah distribusi serbaguna yang dapat mengambil bentuk yang berbeda. Tergantung pada nilai parameter bentuk, β , bisa menurunkan, konstan, atau meningkatkan *failure rate function*, karena itu cocok digunakan pada mode kegagalan (Ben-Daya, 2009:61). PDF dari distribusi weibull dengan dua parameter adalah sebagai berikut, dimana θ adalah parameter skala dan β adalah parameter bentuk.

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2-11)$$

Sedangkan PDF dari distribusi weibull dua parameter adalah sebagai berikut.



Gambar 2.6 Grafik PDF dari distribusi weibull dua parameter dengan $\theta = 10$
Sumber : Ben-Daya (2009:61)

Sedangkan bentuk CDFnya adalah sebagai berikut.

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2-12)$$

Mean Time To Failure (MTTF) merupakan nilai rata-rata waktu kegagalan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen). Untuk sistem yang dapat direparasi, maka MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak kembali atau perlu di periksa kembali. MTTF (*Mean Time to Failure*) mempunyai rumus (Ben-Daya, 2009) sebagai berikut :

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2-13)$$

Keterangan :

θ = Parameter skala (*Scale Parameter*)

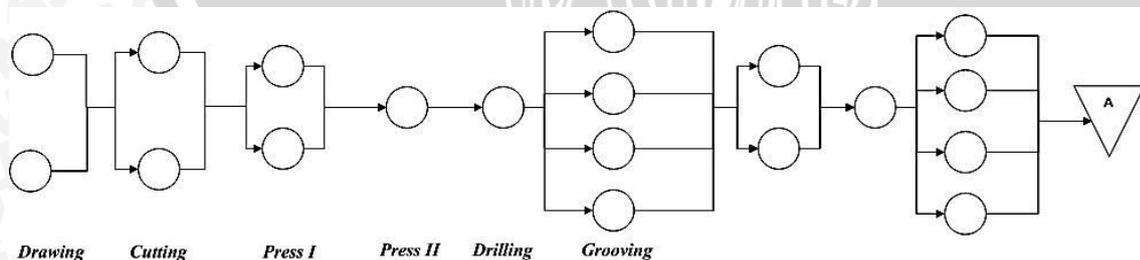
Γ = Fungsi Gamma

β = Parameter bentuk (*Shape Parameter*)

Untuk perhitungan parameter skala (θ) dan bentuk (β) digunakan bantuan dari aplikasi Minitab 17.

2.8 Lini X

Lini X adalah sebuah lini produksi pada PT. PINDAD Divisi Munisi. Mesin-mesin yang terhimpun dalam Lini X adalah dua unit Mesin *Drawing*, dua unit Mesin *Cutting*, dua unit Mesin *Press I*, satu unit Mesin *Press II*, satu unit Mesin *Drilling*, dan empat unit Mesin *Grooving*. Untuk gambar, cara kerja dan spesifikasi mesin tidak dapat ditampilkan karena bersifat rahasia. Ilustrasi Lini X ditampilkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Lini X di PT. PINDAD Turen

2.9 Hipotesis

Metode *Total Productive Maintenance* dapat diterapkan pada pemeliharaan mesin *press I* pada PT. Pindad (persero) Divisi Munisi pada Lini X. *Losses* pada mesin *press I* dapat dikurangi berdasarkan analisis-analisis kerusakan yang terjadi.