Bab 2
Landasan Teori

2.1. Konsep Dasar Perawatan

2.1.1. Sistem Perawatan Dalam Manufaktur

Kelancaran proses produksi menjadi salah satu faktor kritis yang perlu diberikan prioritas perhatian dengan cara menjaga agar kondisi fasilitas produksi atau mesin yang digunakan dapat beroperasi dengan baik. Pada saat mesin atau komponen mengalami kerusakan/kegagalan secara otomatis akan mengakibatkan terganggunya proses produksi dan bahkan proses produksinya terhenti sehingga sangat dimungkinkan target produksi yang ditetapkan tidak dapat tercapai dan pada akhirnya akan merugikan perusahaan. Konsekuensi ketidakmampuan perusahaan untuk memberikan kepuasan kepada konsumen akan mengakibatkan beralihnya konsumen ke produsen lain dan tidak bertambahnya pelanggan baru.

Berbagai entitas yang bisa dikendalikan dalam sistem perawatan seperti: perawatan penggantian komponen, perawatan pengendalian, perawatan total dan bahkan sistem perawatan terkait keandalan operator. Pengelolaan sistem perawatan dilakukan dengan tujuan untuk memberikan jaminan terhadap beroperasinya fasilitas produksi serta berjalan dengan baiknya interaksi manusia-mesin dalam proses operasi sebuah produksi.

2.1.2. Pengertian Perawatan

Dalam Bahasa Indonesia, pemakaian istilah *maintenance* seringkali diterjemahkan sebagai perawatan atau pemeliharaan. Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya. Menurut Ebeling (1997) mendefinisikan perawatan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk

mempertahankan unit-unit pada kondisi operasional dan aman dan apabila terjadi kerusakan maka dapat dikendalikan pada kondisi operasional yang handal dan aman. Menurut Al-Turki (2011) proses pemeliharaan yang dilakukan akan mempengaruhi tingkat ketersediaan (*availability*) fasilitas produksi, laju produksi, kualitas produk akhir (*end product*), ongkos produksi dan keselamatan operasi. Faktor-faktor ini selanjutnya akan mempengaruhi tingkat keuntungan (*profitability*) perusahaan. Proses perawatan yang dilakukan tidak saja membantu kelancaran produksi sehingga produk yang dihasilkan tepat waktu diserahkan kepada pelanggan tapi juga menjaga fasilitas dan peralatan tetap dalam efektif dan efisien dimana sasarannya adalah mewujudkan nol kerusakan (*zero breakdown*) pada mesin beroperasi.

Dalam menjaga kesinambungan proses produksi pada fasilitas dan peralatan seringkali dibutuhkan kegiatan pemeliharaan seperti pembersihan (*cleaning*), inspeksi (*inspection*), pelumasan (*oiling*), serta pengadaan suku cadang (*stock sparepart*) dari komponen yang terdapat dalam fasilitas industri. Masalah perawatan mempunyai kaitan erat dengan tindakan pencegahan (*preventive*) dan perbaikan (*corrective*). Tindakan problematika perawatan tersebut dapat berupa:

- Pemeriksaan (*inspection*), yaitu tindakan yang ditujukan untuk sistem/mesin agar dapat mengetahui apakah sistem berada pada kondisi yang diinginkan
- *Service*, yaitu tindakan yang bertujuan untuk menjaga suatu sistem/mesin yang biasanya telah diatur dalam buku petunjuk pemakaian mesin
- Penggantian komponen (*replacement*), yaitu tindakan penggantian komponen-komponen yang rusak/tidak memenuhi kondisi yang diinginkan. Tindakan ini mungkin dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan pencegahan terlebih dahulu
- Perbaikan (*repairement*), yaitu tindakan perbaikan yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil
- *Overhaul*, tindakan besar-besaeran yang biasanya dilakukan pada akhir periode tertentu.

Kompleksnya permasalahan terkait perawatan, seringkali perawatan didekati dengan model matematis yang mempresentasikan permasalahan tersebut. Dengan pendekatan ini diharapkan pengambilan keputusan dalam permasalahan perawatan akan dapat mengurangi proporsi pertimbangan yang subyektif

2.1.3. Tujuan Perawatan

Proses perawatan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan sehingga sistem perawatan dapat membantu tercapainya tujuan tersebut dengan adanya peningkatan profit dan kepuasan pelanggan. Hal tersebut dilakukan dengan pendekatan nilai fungsi dari fasilitas/peralatan produksi yang ada (Duffuaa et al, 1999) dengan cara:

- Meminimasi *downtime*
- Memperbaiki kualitas
- Meningkatkan produktivitas
- Menyerahkan pesanan tepat waktu

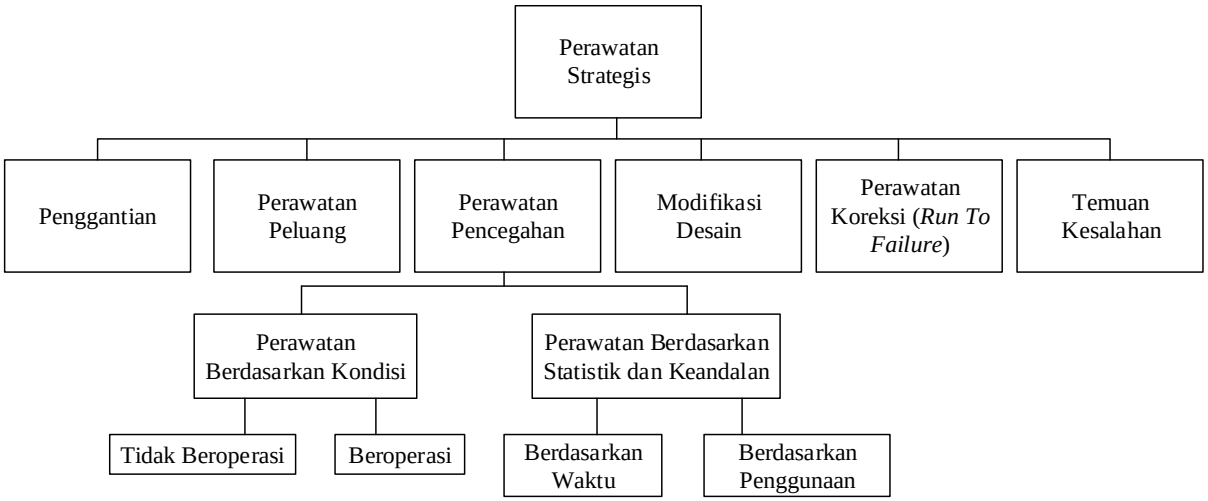
Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan lain menurut *Japan Institute of Plan Maintenance dan Consultant* TPM India secara detail sebagai berikut:

- Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi
- Menjamin tingkat ketersediaan optimum dari fasilitas produksi
- Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat
- Menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas
- Mendukung kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya
- Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaaan perusahaan mengenai investasi tersebut

- Mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*) dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien
- Mengadakan kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah.

2.1.4. Strategi Perawatan

Filosofi perawatan untuk fasilitas produksi pada dasarnya adalah menjaga level maksimum konsistensi optimasi produksi dan availabilitas tanpa mengesampingkan keselamatan. Untuk mencapai filosofi tersebut digunakan strategi perawatan (*maintenance strategies*). Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan umumnya terbagi dalam dua bagian yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Pada gambar 2.1. diperlihatkan beberapa macam strategi yang dapat digunakan menurut Duffuaa et al, 1999



Gambar 2.1. Klasifikasi Strategi Perawatan (Duffuaa et al, 1999)

Strategi dalam perawatan akan masing-masing diuraikan sebagai berikut:

- **Penggantiaan (*Replacement*)**

  Merupakan penggantian peralatan/komponen untuk melakukan perawatan. Kebijakan penggantian ini dilakukan pada seluruh atau sebagian (*part*) dari sebuah sistem yang dirasa perlu dilakukan upaya penggantian oleh karena tingkat utilitas mesin atau keandalan fasilitas produksi berada pada kondisi yang kurang baik. Tujuan strategi perawatan penggantian antara lain adalah untuk menjamin berfungsinya suatu sistem sesuai pada keadaan normal.
- **Perawatan Peluang (*Opporturnity Maintenance*)**

  Perawatan dilakukan ketika terdapat kesempatan, misalnya perawatan pada saat mesin sedang *shutdown*. Perawatan peluang dimaksudkan agar tidak terjadi waktu menganggur (*idle*) baik oleh operator maupun petugas perawatan, perawatan bisa dilakukan dengan skala yang paling sederhana seperti pembersihan (*cleaning*) maupun perbaikan fasilitas pada sistem produksi (*repairing*)
- **Perbaikan (*Overhaul*)**

  Merupakan pengujian secara menyeluruh dan perbaikan (*restoration*) pada sedikit komponen atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi yang dapat diterima. Perawatan perbaikan merupakan jenis perawatan yang terencana dan biasamya proses perawatannya dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem sehingga diharapkan sistem atau sebagian besar sib sistem berada pada kondisi yang handal.
- **Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)**

  Merupakan perawatan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan. *Preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi menjadi kerusakan pada saat digunakan dalam berproduksi.

Dalam prakteknya *preventive maintenance* yang dilakukan oleh perusahaan dibedakan atas:

- ✓ *Routine Maintenance*

  Yaitu kegiatan pemeliharaan terhadap kondisi dasar mesin dan mengganti suku cadang yang aus atau rusak yang dilakukan secara rutin misalnya setiap hari contohnya pembersihan peralatan, pelumasan atau pengecekan oli, pengecekan bahan bakar, pemanasan mesin-mesin sebelum dipakai produksi

- ✓ *Periodic Maintenance*

  Yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu misalnya satu minggu sekali dengan cara melakukan inspeksi secara berkala dan berusaha memulihkan bagian mesin yang cacat atau tidak sempurna, contohnya penyetelan katup-katup pemasukan dan pembuangan, pembongkaran mesin untuk penggantian *bearing*

- ✓ *Running Maintenance*

  Merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan pada saat fasilitas produksi dalam keadaan bekerja. Perawatan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau permesinan dalam keadaan operasi. Biasanya diterapkan pada mesin-mesin yang harus terus menerus beroperasi dalam melayani proses produksi. Kegiatan perawatan dilakukan dengan jalan mengawasi secara aktif. Diharapkan hasil perbaikan yang telah dilakukan secara tepat dan terencana ini dapat menjamin kondisi operasional tanpa adanya gangguan yang mengakibatkan kerusakan.

- ✓ *Shutdown Maintenance*

  Merupakan kegiatan perawatan yang hanya dapat dilaksanakan pada waktu fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan. Dalam hal ini, berarti dilakukan upaya bagaimana cara mengkoordinasikan semua sumber daya yang ada berupa tenaga kerja, peralatan, material untuk meminimasi waktu *downtime* sehingga biaya yang dikeluarkan diusahakan seminimal mungkin

Perawatan pencegahan dilakukan untuk menghindari suatu peralatan atau sistem mengalami kerusakan. Pada kenyataannya mungkin tidak diketahui bagaimana cara untuk menghindari adanya kerusakan. Ada beberapa alasan untuk melakukan perawatan pencegahan, diantaranya:

- Menghindari terjadinya kerusakan
- Mendeteksi awal terjadinya kerusakan
- Menemukan kerusakan tersembunyi
- Mengurangi waktu yang menganggur
- Menaikkan ketersediaan (*availability*) untuk produksi
- Pengurangan penggantian suku cadang sehingga membantu pengendalian persediaan
- Meningkatkan efisiensi mesin
- Memberikan pengendalian anggaran dan biaya yang diandalkan
- Memberikan informasi untuk pertimbangan penggantian mesin

Bentuk *preventive maintenance* dapat dibedakan atas *time-based* atau *used-based* yang dijelaskan sebagai berikut:

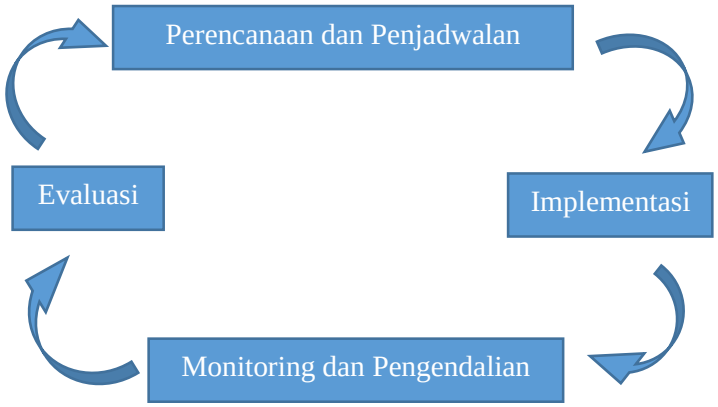
- ✓ *Time-based*, perawatan yang dilakukan setelah peralatan digunakan sampai satu satuan waktu tertentu.
- ✓ *Used-based*, perawatan dilakukan berdasarkan frekuensi penggunaan. Untuk menentukan frekuensi yang tepat perlu diketahui distribusi kerusakan atau keandalan peralatan.

2.2. Elemen Manajemen Perawatan

Terdapat dua elemen kunci pendekatan manajemen perawatan antara lain:

- Manajemen perawatan merupakan aktivitas inti bisnis krusial terhadap daya tahan dan kesuksesan dan karenanya harus dikelola secara strategis. Siklus manajemen pemeliharaan meliputi tahapan peerencanaan dan penjadwalan, implementasi, monitoring dan pengendalian, evaluasi.
- Manajemen perawatan secara efektif perlu didasarkan pada model kuantitatif bisnis (model matematik) yang mengintegrasikan pemeliharaan dan kebijakan lain seperti produksi. Model matematik disini adalah untuk mendapatkan

optimal parameter (*policy*) untuk menentukan strategi pemeliharaan yang diturunkan dari model mekanisme kegagalan (*failure mechanism*) yang merupakan perwujudan dari kondisi perawatan.



Gambar 2.2. Siklus Manajemen Pemeliharaan

Pada gambar 2.2. dapat dijelaskan sebagai berikut:

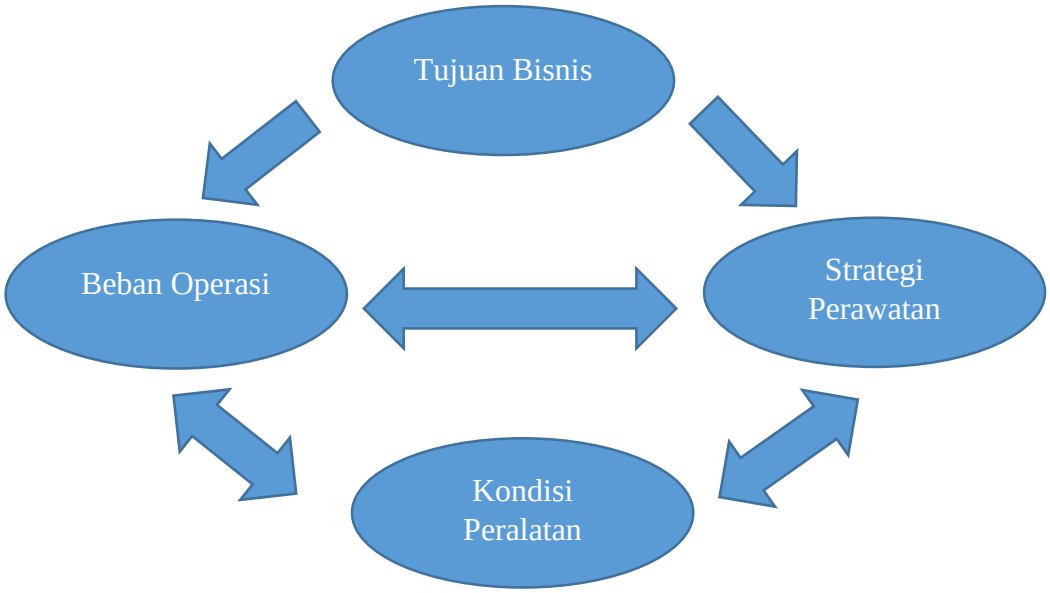
- Pada tahapan perencanaan & penjadwalan dilakukan kegiatan perencanaan beban pemeliharaan dimana beban pemeliharaan terbagi menjadi dua yaitu *planned* & *unplanned*. *Planned maintenance* tergantung dari *maintenance* strateginya.
- Tahap kedua yaitu implementasi. Pada tahap ini dilakukan pelaksanaan proses perawatan.
- Tahap ketiga berupa monitoring & pengendalian yang mana dilakukan dalam jangka pendek dan dilakukan secara langsung.
- Tahap keempat berupa evaluasi yang dilakukan dalam jangka panjang misalnya satu semester dan biasanya berupa audit.

Pendekatan manajemen perawatan dapat dilihat dari sudut pandang pemeliharaan sebagai aktivitas multidisiplin dengan melibatkan:

- Pemahaman ilmu tentang mekanisme degradasi dan hubungannya dengan pengumpulan data dan analisis untuk menilai status peralatan

- Pengembangan model kuantitatif untuk memprediksi pengaruh perbedaan tindakan (pemeliharaan dan operasi) pada degradasi peralatan
- Pengelolaan pemeliharaan dari sudut pandang strategis (*management*)

Titik awal (*starting point*) kegiatan perawatan adalah status peralatan. Status peralatan dipengaruhi oleh operasi pembebanan dan tindakan pemeliharaan. Pemeliharaan juga tergantung keandalan yang melekat (*inherent*) pada peralatan (keandalan yang rendah membutuhkan usaha pemeliharaan yang lebih besar) pada gilirannya ini tergantung pada kebijakan yang dibuat selama desain dan manufaktur peralatan. Disamping itu, kondisi pembebanan peralatan tergantung pada kebijakan produksi yang dipengaruhi oleh pertimbangan dasar dan komersial mempunyai pengaruh besar dalam kinerja bisnis keseluruhan. Oleh karena itu kebijakan pemeliharaan dan operasional perlu dilaksanakan secara gabungan dengan memperhitungkan pengaruhnya dalam degradasi peralatan dan tujuan bisnis secara keseluruhan.



Gambar 2.3. Elemen Kunci Manajemen Perawatan (*Murthy, et al. 2002*)

2.3. Aktivitas Internal dan Eksternal (*In house* vs *Outsourcing*)

Ada tren pertumbuhan diantara top manajemen pada beberapa bisnis dengan menganggap bahwa pemeliharaan bukan aktivitas inti dan pemeliharaan harus di*outsourcing*. *Outsourcing* melibatkan pemeliharaan dilakukan oleh agen jasa eksternal karena dianggap bukan aktivitas inti maka akan mengurangi biaya.

Menurut Murthy, *et al* (2002) manajemen pemeliharaan dan perencanaan tidak perlu dilakukan *outsourcing* karena alasannya antara lain:

- Pemeliharaan dan produksi harus dikaitkan secara dekat. Hubungan penting ini diperlemah oleh *outsourcing*
- Tujuan jangka panjang agen jasa dan bisnis berbeda. *Outsourcing* biasanya dilakukan dalam kontrak relatif pendek karenanya tindakan agen jasa tidak optimal dalam jangka panjang untuk bisnis.
- Resiko yang dihubungkan dengan *outsourcing* adalah besar. Agen jasa mendapatkan banyak pengetahuan tentang peralatan spesifik yang dipelihara dan pengetahuan ini hilang ketika prinsip mengganti agen. Ini bisa dihindari dengan tidak mengganti agen. Bagaimanapun hasil total tergantung pada satu agen jasa. Bilamana agen jasa memutuskan tidak menyediakan jasa, resiko serius yang dapat mempengaruhi tidak hanya keuntungan tetapi ketahanan bisnis.

Keputusan melakukan *outsourcing* terhadap implementasi pemeliharaan harus didasarkan pada pertimbangan biaya. Dalam beberapa kasus, *outsourcing* menjadi pilihan yang ekonomis untuk dilakukan. Ada beberapa isu lain bahwa bisnis perlu menyadari ketika memutuskan pada pilihan *outsourcing*. Teori agen (Van Ackere, 1993) menguraikan bisnis melakukan *outsourcing* pemeliharaan sebagai sebutan "pelaku (*principal*)" dan agen jasa disebut "agen" dan menyangkut hal berikut:

- Pemilihan yang tidak tepat (*adverse selection*). Hal ini timbul karena ketidakmampuan pelaku menilai dan mengevaluasi kompetensi agen jasa sebelum memutuskannya.

- Resiko/bahaya moral (*moral hazard*) menjadi salah satu tingkat kesulitan bagi pelaku bisnis untuk memonitor kualitas pemeliharaan yang disediakan oleh agen. Dalam kasus ini, ada halangan (*temptation*) bagi agen untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan/tugas pemeliharaan sebagaimana mestinya dan ini memiliki konsekuensi jangka panjang pada keseluruhan kinerja bisnis.

2.4. Struktur Organisasi dan Kompetensi Dalam Manajemen Perawatan

2.4.1. Struktur Organisasi Manajemen Perawatan

Struktur organisasi manajemen perawatan biasanya distrukturkan dalam tiga level manajemen, yaitu: top, middle dan junior.

- *Top level management* berurusan dengan seluruh sudut pandang bisnis yang meliputi:
  - Memutuskan antara *outsourcing* dan *in house* implementasi pemeliharaan
  - Menyediakan *resource* (manusia dan fisik, workshop dan pemeliharaan peralatan diperlukan untuk memonitor dan menentukan peralatan yang dipelihara)
  - Menciptakan budaya yang membantu lebih dekat interaksi antara unit berbeda (produksi, pemeliharaan, pemasaran, dan lain-lain) pada bisnis.
- *Middle level management* pemeliharaan berurusan dengan rencana optimal strategi pemeliharaan. Hal ini melibatkan:
  - Analisis data yang dikoleksi
  - Memutuskan strategi pemeliharaan optimal
  - Monitoring implementasi tindakan pemeliharaan sendiri (*in house*) yang dilaksanakan oleh level manajemen yang lebih rendah
  - Monitoring tindakan pemeliharaan yang di*outsourcing* yang dilaksanakan oleh agen
- *Junior level management* berurusan dengan:
  - Implementasi tindakan pemeliharaan sendiri (*in house*)
  - Mengoleksi data yang sesuai

2.4.2. Kompetensi Dalam Manajemen Perawatan

Top level manager harus memiliki pemahaman yang baik pada semua aktivitas dalam unit pemeliharaan dan kemampuan berfikir strategis untuk mengintegrasikan pemeliharaan ke dalam keseluruhan tujuan bisnis

Middle level manager perlu mempunyai kompetensi yang diperlukan untuk perencanaan strategi pemeliharaan optimal. Ini menunjukkan bahwa mereka memahami dasar mekanisme degradasi dan memiliki analisis data yang tepat, menggunakan metode dan pendekatan yang tepat untuk memprediksi dan melakukan optimisasi serta memiliki keterampilan manajemen untuk mempertemukan antara *top* dan *junior level management*

Junior level manager harus profesional dengan level kualifikasi dalam keandalan dan pemeliharaan yang disadarkan kualifikasi pendidikannya dalam disiplin ilmu: teknik mesin, teknik elektro, teknik kimia, teknik material dan teknik pertambangan. Program pendidikan harus terdiri dari keahlian inti-umum yang berurusan dengan konsep dasar dan teknik. Implementasi kebijakan pemeliharaan membutuhkan pemahaman yang baik pada aspek teknis atas peralatan yang dipelihara.

2.5. Kegiatan Dalam Manajemen Perawatan

Kegiatan perawatan (*maintenance activities*) menurut *Japan Institute of Plan Maintenance* dan *Confederation Industrial India* dikategorikan menjadi tiga elemen:

- *Activities to prevent deterioration*, kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya suatu kegagalan/kerusakan pada peralatan sewaktu diperlukan
- *Activities to measure deterioration*, kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mengukur terjadinya kegagalan/kerusakan pada suatu peralatan sehingga didapatkan tolak ukur melakukan evaluasi kerusakan

- *Activities to restore deterioration*, kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki kegagalan/kerusakan peralatan menjadi kondisi seperti sebelum terjadi kerusakan atau mengkondisikan peralatan seperti semula/baru.

Tujuan *maintenance* tidak dapat dicapai apabila aktivitas *maintenance* diatas diabaikan

2.6. *Total Productive Maintenance*

2.6.1. Konsep *Total Productive Maintenance*

Total productive maintenance adalah suatu konsep program tentang pemeliharaan yang melibatkan seluruh pekerja melalui aktivitas grup kecil (Nakajima:1998). Lebih lanjut Roberts (1997) mengatakan bahwa TPM adalah suatu program pemeliharaan yang melibatkan suatu gambaran konsep untuk pemeliharaan peralatan dan pabrik dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas serta pada waktu yang sama dapat meningkatkan kepuasan kerja dan moril karyawan.

Total productive maintenance meliputi beberapa hal seperti komitmen total terhadap program oleh kalangan manajemen puncak, pemberian wewenang yang lebih luas kepada pekerja untuk melakukan tindakan korektif dan meripakan aktivitas yang membutuhkan waktu relatif lama untuk pelaksanaannya serta prosesnya berlangsung secara kontinyu. TPM menjadikan kegiatan pemeliharaan menjadi fokus yang penting dalam bisnis dan tidak lagi dianggap sebagai kegiatan yang tidak menguntungkan. Dalam TPM, *downtime* untuk pemeliharaan dijadwalkan sebagai bagian dari proses produksi sehari-hari dan bahkan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses produksi tersebut.

Pencapaian tujuan TPM menurut Nakajima (1998) dilakukan melalui:

- ✓ Perbaikan efektivitas perlengkapan, dimana pekerja mampu memahami dan memeriksa efektivitas dari fasilitas melalui identifikasi dan pemeriksaan semua kerugian-kerugian yang mungkin terjadi seperti kerugian akibat *downtime*, kerugian karena peralatan tidak beroperasi pada keadaan optimal dan kerugian akibat cacat

- ✓ Pencapaian pemeliharaan individu, memungkinkan pekerja yang mengoperasikan suatu peralatan untuk bertanggungjawab atas beberapa tugas pemeliharaan
- ✓ Perencanaan pemeliharaan, pendekatan sistematik terhadap semua jenis kegiatan pemeliharaan. Perencanaan ini melibatkan identifikasi keadaan dan tingkat pelaksanaan. *Preventive maintenance* yang diperlukan untuk tiap perlengkapan, membuat standard kondisi untuk pemeliharaan, menentukan tanggungjawab untuk masing-masing staf operasi dan staf pemeliharaan sehingga peran masing-masing staf operasi dan staf pemeliharaan menjadi lebih jelas.
- ✓ Melatih semua staf dengan keahlian pemeliharaan yang memadai dan sesuai tanggungjawab yang telah dibebankan kepada staf operasi dan alat pemeliharaan masing-masing memerlukan keahlian yang sesuai untuk melaksanakannya. Untuk itu TPM memberi penekanan terhadap pelatihan yang tepat dan terus menerus.
- ✓ Mencapai secepat-cepatnya '*zero maintenance*' melalui *maintenance prevention* (MP). Maintenance prevention mengikutsertakan pertimbangan sebab-sebab kegagalan dan kemampuan pemeliharaan selama tahap desain, tahap manufaktur, tahap pemasangan termasik tahap penyiapan..sebagai bagian dari suatu proses secara keseluruhan, TPM mencoba melacak masalah pemeliharaan yang potensial timbul untuk dikembalikan ke akar permasalahannya sehingga masalah tersebut dapat dihilangkan pada titik penyebab swal permasalahan.

Pengembangan program TPM pada prinsipnya sama dengan pengembangan TQC (*Total Quality Control*) dimana kunci sukses programnya ada pada keterlibatan semua karyawan. (Kiyoshi Suzaki 1987:132)

Tabel 2.1. Perbandingan Antara *Total Productive Maintenance* Dengan *Total Quality Control*

Kriteria	TPM	TQC
Masalah pemecahan tradisional	Gangguan mesin, penanggulangan kemacetan dan penggantian suku cadang	Cacat produksi, inspeksi dan pemilahan barang jelek serta pengerjaan kembali
Pemecahan yang ditingkatkan	Pemeliharaan berdasarkan kondisi mesin, pencegahan gangguan, pemeliharaan gangguan	Pengendalian dalam proses, alat anti salah (*poka yoke*), kualitas rancang bangun
Pemantau informasi	Catatan gangguan mesin	
Berdasarkan dasar	Pendidikan karyawan, pengerahan karyawan, "*maintenance is free*"	Pendidikan karyawan, pengerahan karyawan, "*quality is free*"

Menurut Seiichi Nakajima (1988:13) posisi perawatan memiliki kaitan langsung antara faktor-faktor dalam *output* bisnis untuk peningkatan produktivitas dengan mempertimbangkan pengurangan *input*nya. Hubungan antara *input* dan *output* dapat digambarkan dalam bentuk matriks berikut

Tabel 2.2. Matriks Hubungan Antara *Input* dan *Output* Dalam Aktivitas Produksi

Input/Output	Money			*Managemen Method*
	Man	*Machine*	*Material*	
Production				*Production Control*
Quality				*Quality Control*
Cost				*Cost Control*
Delivery				*Delivery Control*
Safety				*Safety & Polution*
Morale				*Human Relation*
Method	*Man Power Control*	*Plant & Maintenance Engineering*	*Inventory Control*	*Output/Input=Productivity*

2.6.2. Pengertian OEE

OEE (*Overall Equipment Efficiency*) adalah besarnya nilai efektifitas yang dimiliki oleh peralatan atau mesin. Dalam melakukan perhitungan OEE terdiri dari nilai *availability*, *performance*, dan *rate of quality*. Menurut Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) nilai OEE dihitung sebagai berikut:

OEE (*Overall Equipment Efficiency*) = *Availability* x *Performance* x *Quality*

a. *Availability*

Availability merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Availability rate* dipengaruhi 2 komponen, yaitu *equipment failure* dan *set up and adjustment losses*. Nakajima (1988) menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan terhadap *loading time*. Dengan demikian formula yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* adalah :

$$Availability = \frac{Loading\ Time\text{-}Downtime}{Loading\ Time} \text{x}100\%$$

Alur pengukuran suatu rasio ini adalah mengurangkan *available time* dengan *planned downtime*, sehingga diperoleh *loading time*. Selanjutnya *loading time* dikurangkan dengan *availability losses (downtime)* sehingga diperoleh *operating time*. Terakhir dengan membandingkan *operating time* terhadap *loading time* dan mempersentasikannya, maka nilai *availability* diperoleh.

b. *Performance*

Performance merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Performance efficiency memiliki dua komponen yaitu *idling and minor stoppage* dan *reduce speed*. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating*

speed rate peralatan mengaca kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi actual. *Net operating rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, ia mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. Formula pengukuran rasio ini adalah

$$Performance\ Efficiency = \frac{Processed\ Amount\ \text{X}\ Theoretycal\ Cycle\ time}{Operating\ Time} \text{x}100\%$$

Alat pengukuran pada rasio ini adalah dengan menggunakan *operating time* dari *availability* terhadap performance losses sehingga didapat *operating time* untuk *performance efficiency*. Selanjutnya mengkalikan *ideal cycle time* dengan jumlah produk yang diproduksi. Terakhir membandingkan hasil tersebut dengan operating time, maka nilai *performance efficiency* diperoleh.

Theoretical cycle time adalah siklus waktu proses yang diharapkan dapat dicapai dalam keaadan optimal atau tidak mengalami hambatan. *Theoretical cycle time* pada mesin molding merupakan siklus waktu proses yang dapat dicapai mesin dalam proses produksi dalam keadaan optimal atau mesin tidak mengalami hambatan dalam berproduksi.

c. *Quality*

Yaitu suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yng sesuai dengan standar. *Rate of Quality Product* didukung dua komponen yaitu, *defect in process* dan *reduced yield*. Formula yang digunakan untuk pengukuran nilai *rate of quality product* adalah

$$Rate\ of\ Quality\ Product = \frac{Processed\ Amount\text{-}Defect\ Amount}{Processed\ Amount} \text{x}100\%$$

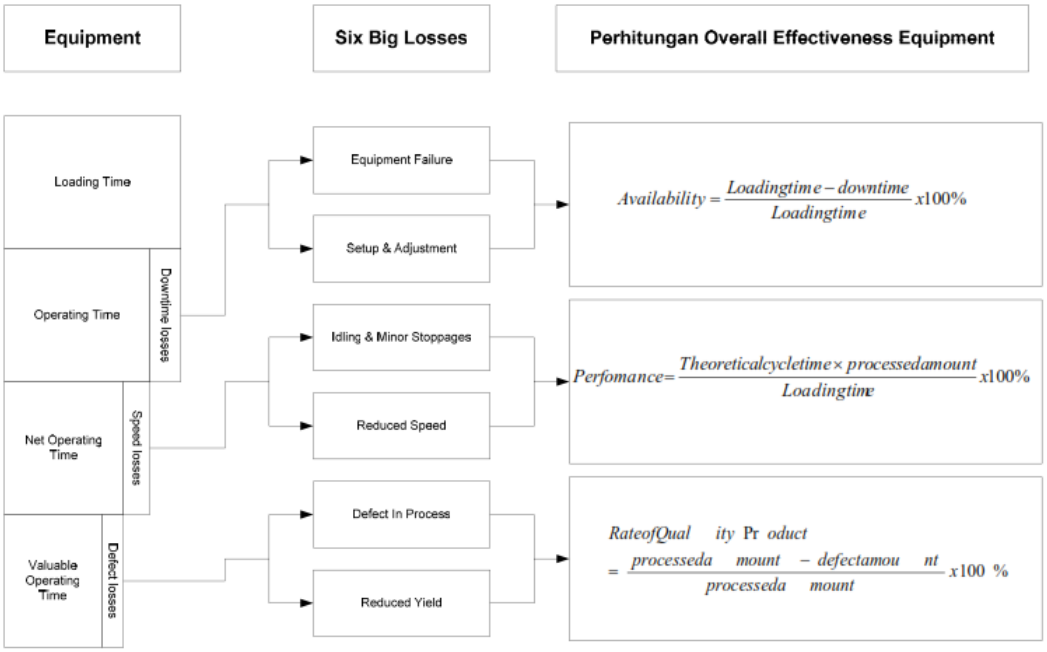
JIPM menetapkan batasan ideal dari indeks nilai OEE untuk perusahaan *world class* yang telah menerapkan TPM, yaitu:

- *Availability* >90%
- *Performance* > 95%
- *Quality* > 99%

Sehingga OEE ideal adalah:

0,90 x 0,95 x 0,99 x 100% = 85%

Berikut merupakan hubungan antara perhitungan OEE dengan six big losses.



Gambar 2.4. Hubungan OEE dengan *Six Big Losses*

2.6.3. Unsur Dalam *Total Productive Maintenance*

Menurut Nakajima (1998) *total productive maintenance* telah dijelaskan sebagai satu strategi pabrikasi yang berisikan dari langkah sebagai berikut:

a. Memaksimalkan efektivitas alat-alat perlengkapan melalui optimisasi dari availabilitas alat-alat perlengkapan, kinerja, efisiensi mutu dan produk

b. Menciptakan strategi pemeliharaan untuk jalan kehidupan dari seluruh alat-alat perlengkapan
c. Meliputi semua departemen seperti perencanaan, operator dan departemen pemeliharaan
d. Melibatkan semua anggota yang terorganisir dari mulai manajemen teratas hingga ke lantai pekerja
e. Meningkatkan pemeliharaan melalui otonomi aktivitas grup kecil

Kata "*total*" pada *total productive maintenance* mempunyai tiga arti yang mendeskripsikan fitur terpenting dari TPM berkaitan dengan 5 unsur TPM diatas, yaitu:

a. Efektivitas total pencapaian tujuan pada efisiensi eknonimu atay probabilitas
b. Sistem pemeliharaan total meliputi *maintenance prevention* dan *maintainability improvement* seperti halnya *preventive maintenance*
c. Keikutsertaan total semua karyawan meliputi pemeliharaan otonomi oleh operator melalui aktivitas grup kecil.

Di dalam pemeliharaan terdapat dua kegiatan mendasar, yaitu pembersihan dan pemeriksaan dimana pelaksanaan kedua aktivitas tersebut harus didasari motto 5S (Nakajima, 1998) diantaranya:

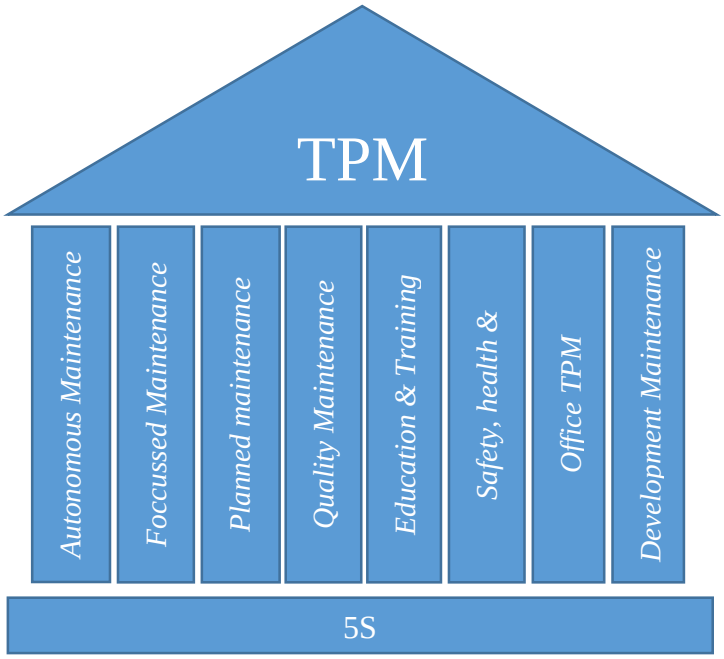
- ✓ *Seiri* (ringkas)
  Kegiatan memisah-misahkan segala sesuatu yang benar-benar diperlukan dan kemudian menyingkirkan yang tidak diperlukan dari tempat kerja
- ✓ *Seiton* (rapi)
  Merupakan penetapan tata letak peralatan dan perlengkapan sehingga segalanya selalu siap pada saat diperlukan
- ✓ *Seiso* (bersih)
  Memeriksa secara hati-hati untuk kemudian menyingkirkan segala sesuatu yang tidak semestinya di tempat kerja sehingga kondisi tempat kerja selalu dalam keadaan bersih

- ✓ *Seiketsu* (rawat)

  Mempertahankan hasil-hasil yang telah dicapai pada 3S sebelumnya dengan membakukannya (standardisasi) dalam suatu pengendalian
- ✓ *Shitsuke* (rajin)

  Membina disiplin atau kebiasaan pribadi karyawan

2.6.3. Komponen *Total Productive Maintenance*



Gambar 2.5. Delapan Pilar Pendekatan Untuk Implementasi TPM

Aktivitas TPM dapat secara efektif dikelompokkan sebagai berikut:

A. *Autonomous Maintenace* (Pemeliharaan Otonom)

Membutuhkan keterlibatan proaktif dari operator peralatan untuk menghilangkan percepatan kerusakan peralatan yaitu lewat pembersihan, pengawasan, pengumpulan data, dan melaporkan kondisi serta masalah peralatan kepada staff *maintenance*. Lebih jauh, operator harus berupaya untuk mengembangkan sebuah pemahaman yang lebih dalam tentang peralatan sehingga akan meningkatkan keahlian operatornya. Autonomous maintenance

yang dijalankan oleh seorang operator atau anggota tim bagian kerja manufaktur bisa membantu mempertahankan reliabilitas mesin dalam kadar tinggi, biaya operasional rendah dan kualitas komponen produksi yang tinggi. Informasi yang dikumpulkan oleh operator peralatan bisa membantu pengukuran efektivitas peralatan keseluruhan

B. *Foccussed Maintenance*

Melakukan perbaikan yang berkelanjutan walau sekecil apapun perbaikan tersebut

C. *Planned Maintenance*

Pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran jauh ke depan yang menyangkut juga masalah pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan yang diharapkan dapat menjamin ketelitian peralatan produksi sehingga tujuan yang ingin diinginkan dapat tercapai.

D. *Quality Maintenance*

Ditujukan untuk merencanakan sistem pemeliharaan yang menyediakan produk kualitas tinggi dan bebas dari cacat. Nilai-nilai yang didapatkan dari *quality maintenance* adalah dapat meramalkan berbagai kemungkinan cacat yang terjadi dan selanjutnya memperbaiki untuk mencegah kemungkinan tersebut. Target yang ingin dicapai dalam *quality maintenance* adalah mengurangi keluhan konsumen, mengurangi kerusakan proses, dan mengurangi biaya kualitas

E. *Education* & *Training*

Komponen ini mendukung semua komponen TPM lain dengan memastikan bahwa pegawai memiliki pengetahuan dan keahlian yang dibutuhkan untuk menjalankan tugas terkait TPM. Selain itu komponen ini diarahkan untuk mempunyai karyawan dengan berbagai kemampuan dan memiliki moral yang

tinggi yang mempunyai semangat untuk datang bekerja dan melaksanakan semua fungsi yang diperlukan secara efektif.

F. *Safety, Health* & *Environment*

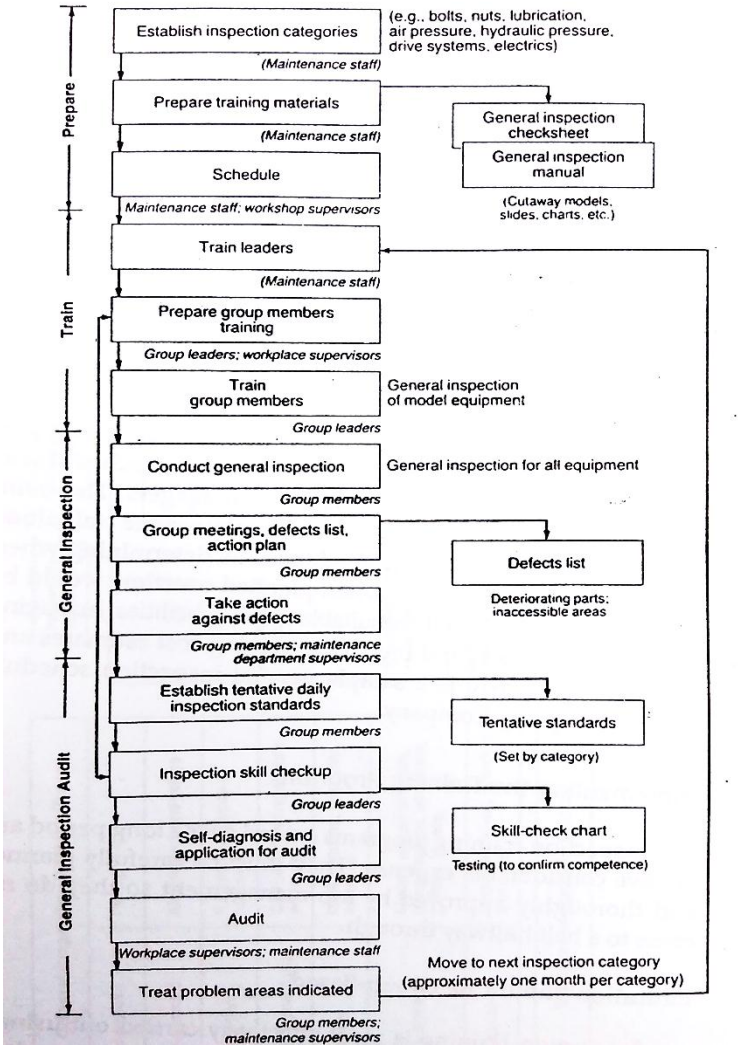
Keamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja merupakan salah satu komponen dari TPM, target yang ingin dicapai dalam elemen ini adalah *zero accident*, *zero health damage*, dan *zero fires*

G. *Office* TPM

Komponen ini dilakukan setelah menjalankan empat komponen TPM yang lain (*autonomous maintenance*, *foccused maintenance*, *planned maintenance*, *quality maintenance*

H. *Development Maintenance*

Dalam mengembangkan kemampuan *maintenance* diperlukan prosedur pengembangan pendidikan dan pelatihan inspeksi yang terdiri dari persiapan, pelatihan, inspeksi umum hingga audit inspeksi umum yang dapat dijelaskan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Prosedur Pengembangan Pendidikan dan Pelatihan Inspeksi

2.7. *Autonomous Maintenance*

Pemeliharaan otonomi merupakan kegiatan yang dirancang untuk melibatkan operator dengan sasaran utama untuk mengembangkan pola hubungan antara manusia, mesin dan tempat kerja yang bermutu yang kegiatannya meliputi pembersihan, pelumasan, pengencangan mur/baut, pengecekan harian, pendeteksian penyimpangan dan reparasi sederhana.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan operator yang mampu mendeteksi berbagai sinyal dari kerugian (*loss*). Selain itu juga bertujuan untuk

menciptakan tempat kerja yang rapi dan bersih sehingga setiap penyimpangan dari kondisi normal dapat dideteksi dengan cepat. Menurut Nakajima (1988) terdapat 7 langkah pengembangan *autonomous maintenance* serta aktivitas dan *goals* yang ingin dicapai yang dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 2.3. Langkah Pengembangan *Autonomous Maintenance Small-Group Activities*

Step	Activity	Goals for Equipment	Goals for Group Member
1. Initial Cleaning	Throughly remove dust and contaminants from equipment (remove discarded equipment parts)	• Eliminate enviromental cause of deterioration such as dust and dirt, prevent accelerated deterioration • Eliminate dust and dirt, imporve quality of inspection and repairs and reduce time required • Discover and treat hidden defect.	• Develop curiosity, interest, pride, and care for equipment through frequent contact • Develop leadership skills through small group activities
2. Eliminate Source of Contamination and Inaccessible Area	Eliminate the source of dust and dirt, improve accessibility of areas that are hard to clean and lubricate, reduce time required for lubrication and cleaning	• Increase inherent reability of equipment by preventing dust and other contaminant from adgering and accumulating • Enhance maintability by improving cleaning and lubricating	• Learn equipment improvement concept and technique while implementing small scale improvements • Learn to participate in improvement through small group activity
3. Cleaning and Lubrication Standard	Set clear cleaning, lubrication, and bottling standard that can be easily maintained over short intervals, the time allowed for daily/periodic work must be clearly specified	• Maintain basic equipment conditions (deterioration preventing activities), cleaning, lubrication, and bottling	• Understand the meaning and importance of maintenance by setting and maintaining our own standards • Become better learn member by taking on more responsibility individually
4. General Inspection	Conduct training on inspection skills in accordance with inspection manual, find and correct minor defect through general inspection, modify equipment to facilitate inspection	• Visually inspect major parts of the equipment, restore detorioration, enhance reability • Facilitate inspection through innovation methods such as serial number plates, colored instruction, labels, thermotape gauges and indicators, etc.	• Learn equipment mechanism, function, and inspection criteria through inspection training, master imspection skills • Learn to perform simple repairs • Leaders enhance leadership skill through teaching
5. Autonomous Inspection	Develop and use autonomous maintenance checksheet (standardize, cleaning, lubrication, and inspection standards for ease of application	• Maintain optimal equipment condition once deterioration is restored through general inspection • Use innovation visual control system to make cleaning, lubrication, inspection more effective • Review equipment and human factors, clarify abnormal inspection	• Draw up individual daily and periodic checksheet based on general inspection manual and equipment data and develop autonomous management skills • Learn importance of basic data recording
6. Workplace Organization and Housekeeping	Standardize various workplace regulation, improve work effectiveness, product quality and the safety of the environmental: - Reduce setup and adjustment time, eliminate work in process - material handling standards on the shop floor - collecting and recording data; standardization - control standard and procedures	• Review and improve plant layout • Standardize control of work in process, defective products, dies, jigs, tools, measuring instruments, material handling equipment, aisles, etc • Implement visual control system throughout the workplace.	• Broaden the scope of autonomous mainteannce by standardizing various management and control item • Be conscious of the need to improve standards and procedures continuously based on a standardization practice and actual data analyze • Managers and spv are primarily responsible for continuously improving standards and procedures and promoting them on the shop floor
7. Fully Implemented *Autonomous Maintenance* Program	Develop company goals, engage in continuous improvement activities; improve equpment based on careful recording and reguler analysis of MTBF	• Collect and analyze various types of data, improve equipment to increase reability maintability and ease of operation • Pinpoint weakness in equipment based on analysis of data, implement improvement plans to lengthen equipment lifespan and inspection cycles	• Gain heightened awareness of company goals and costs (especially maintenance costs) • Learn to perform simple repairs through training on repair technique • Learn data collection and analysis and improvement techniques

2.8. Klasifikasi dan Alokasi Untuk *Maintenance Task*

Pada bagian ini merupakan klasifikasi aktivitas maintenance dan alokasi tugas dalam program *autonomous maintenance*. Berikut merupakan dua tipe aktivitas yang dibutuhkan untuk meningkatkan efektifitas peralatan (*equipment effectiveness*), yaitu:

I. *Maintenance activities* untuk melakukan preventif terhadap *breakdown* dan memperbaiki peralatan yang rusak. Hal itu terjadi dikarenakan *cycle* yang terdiri dari pengoperasian secara normal yang dikombinasikan dengan *preventive mainteannce* (secara harian, periode, dan *predictive maintenance*) dan *corrcetive maintenance*
II. *Improvement activities* memperpanjang umur peralatan, menurunkan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan *maintenance* dan membuat *maintenance* menjadi tidak perlu. Kegiatan yang termasuk improvement activities yaitu *reability and maintainability improvement*, *maintenance prevention*.

2.9. Program *Autonomous Maintenance* Dalam Departemen

2.9.1. Program *Autonomous Maintenance* Untuk Departemen Produksi

Departemen produksi harus melaksanakan aktivitas *maintenance* berikut:

1. *Deterioration prevention*:
   - ✓ Pengoperasian peralatan secara tepat
   - ✓ Pemeliharaan dasar terhadap kondisi peralatan (*cleaning, lubrication, bolting*)
   - ✓ Membuat penyesuaian yang memadai (terutama selama operasi dan *setup*)
   - ✓ Menyimpan data *breakdown* dan kerusakan lainnya
   - ✓ Mengkolaborasi dengan departemen *maintenance* untuk belajar dan implementasi *improvement*
2. *Deterioration measurement*
   - ✓ Melakukan pemeriksaan harian
   - ✓ Melakukan pemeriksaan periodik tertentu

3. *Deterioration restoration*
   - ✓ Membuat perbaikan kecil (penggantian bagian sederhana dan perbaikan sementara)
   - ✓ Membuat laporan segera dan secara akurat mengenai kerusakan dan tidak berfungsi peralatan secara normal
   - ✓ Membantu dalam memperbaiki kerusakan sporadis

Aktivitas yang telah dijelaskan terutama pemeliharaan dasar kondisi peralatan dan inspeksi harian menolong pencegahan kerusakan yang dilakukan oleh staf *maintenance* akan tetapi akan lebih efektif apabila ditangani oleh operator secara langsung karena operator yang berhubungan langsung dengan mesin yang dioperasikan. Berikut tabel klasifikasi dan alokasi tugas dalam *maintenance* antara operator dengan staf *maintenance*

2.9.2. Program *Autonomous Maintenance* Untuk Departemen *Maintenance*

Departemen *maintenance* melaksanakan periodic maintenance, predictive maintenance, maintainability improvement, dan aktivitas lain yang melibatkan pengukuran kerusakan dan kerusakan peralatan. Spesialisasi *maintenance* harus konsentrasi dengan usaha mereka dalam bekerja yang membutuhkan kemampuan teknis yang tinggi.

Autonomous maintenance hanya bisa diterapkan dengan bimbingan yang tepat dan bantuan dari departemen *maintenance*. Ketika *autonomous maintenance* tidak maju, staf departemen *maintenance* seharusnya mempertimbangkan apakah mereka telah memberikan bimbingan yang memadai dan instruksi dalam tanggnugjawab *maintenance* kepada operator

Berikut merupakan klasifikasi dan alokasi tugas dalam *maintenance* antara operator dengan staf *maintenance*

Tabel 2.4. Klasifikasi dan Alokasi *Maintenance Task*

