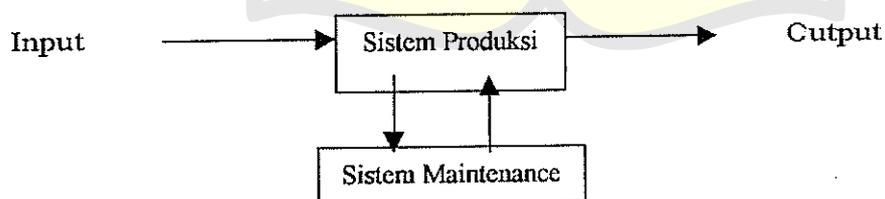


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1. HUBUNGAN SISTEM PRODUKSI DENGAN MAINTENANCE

Untuk mendapatkan sistem produksi yang efektif dan efisien perlu merencanakan dan mengendalikan semua langkah-langkah produksi yang dipengaruhi oleh *Produk* itu sendiri, *Desain* dan *pemilihan* mesin, *Estimasi Biaya*, *Pengepakan* dan *Sistem Maintenance*.

Pada dasarnya Maintenance dapat dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi, maka maintenance mutlak diperlukan untuk lebih intensif. Dari uraian diatas jelas sekali bahwa sistem produksi turut dipengaruhi oleh sistem maintenance yang salah satunya adalah Total Productive Maintenance (TPM). Keterkaitan sistem perawatan dengan sistem produksi dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar II.1. Keterkaitan Sistem Maintenance dengan Sistem Produksi

II.2. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

Total Productive Maintenance merupakan pengembangan dari preventive maintenance tahun 1950 dan productive maintenance tahun 1960 yang diambil dari Amerika Serikat dan mulai diperkenalkan oleh Jepang pada tahun 1970 yaitu pada konvensi internasional pemeliharaan mesin (Nakajima,1982).

II.2.1. Pengertian TPM

Berdasarkan struktur kata pada TPM yaitu :

1. Total : Total berarti jumlah atau suatu kesatuan yang menyeluruh.

Kata *total* didalam Total Productive Maintenance mengandung pengertian (Nakajima, 1982) :

- Total Effectiveness ; yaitu menunjukkan bahwa TPM bertujuan untuk efisiensi ekonomi dan untuk mencapai keuntungan.
- Total Preventif Maintenance (PM) ; Hal ini meliputi maintenance prevention dan aktifitas untuk peningkatan pemeliharaan yang lebih baik dari maintenance preventif.
- Total Participation ; Partisipasi dari setiap tingkat manajemen atau departemen yang

digunakan untuk menciptakan autonomous maintenance.

2. Productive :

Suatu kegiatan yang dilakukan secara berkesinambungan.

3. Maintenance (pemeliharaan) :

pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik, bengkel, laboratorium, fisik bangunan dan juga mengadakan perbaikan, penyesuaian dan penggantian yang diperlukan agar didapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan dan ditargetkan perusahaan (Hantoro Sirot, 1995:1).

Dari ketiga definisi kata diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa yang dimaksud Total Productive Maintenance (TPM) adalah kegiatan pemeliharaan terhadap fasilitas produksi secara produktif dan menyeluruh (terpadu) yang melibatkan partisipasi semua pihak dari manajemen puncak sampai operator atau personil pada level yang paling bawah.

TPM itu sendiri merupakan suatu sistem perawatan terpadu yang terdiri dari :

- Preventif Maintenance :

Yang dimaksud pemeliharaan preventif adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan pada proses produksi.

Dengan demikian semua fasilitas yang mendapatkan pemeliharaan preventive akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap digunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan schedule pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat. Pemeliharaan preventif sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif didalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk kedalam golongan "critical unit" yaitu sebuah fasilitas atau peralatan produksi yang bersifat :

1. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan dan keselamatan para pekerja.
2. Kerusakan ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.

3. Kerusakan tersebut dapat mengakibatkan macetnya keseluruhan proses produksi.
4. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga diri fasilitas ini adalah cukup besar dan mahal.

Dalam prakteknya maintenance preventif yang dilakukan oleh suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas :

①. *Pemeliharaan Rutin (Routine maintenance)*

Routine maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara routine, misalnya setiap hari.

②. *Pemeliharaan Berkala (Periodic maintenance)*

Periodic maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara berkala atau periodik, atau dalam jangka waktu tertentu.

• *Corrective atau Breakdown Maintenance :*

Corrective atau breakdown maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan ini sering disebut kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya pemeliharaan preventif ataupun telah dilakukan pemeliharaan preventif tetapi sampai pada suatu waktu tertentu fasilitas

atau peralatan produksi yang ada, hal ini dilakukan untuk mengembalikan mesin pada keadaan standar atau normal yang diperlukan.

- Predictive Maintenance

Predictive maintenance merupakan jenis kegiatan yang meramalkan suatu kerusakan yang mungkin akan terjadi pada peralatan melalui pemeriksaan yang kontinyu dan periodik. Predictive maintenance juga merupakan bagian dari preventive maintenance (PM).

- Maintenance Prevention

Jenis ini adalah merupakan suatu rancangan metode perawatan yang mempunyai fungsi menghindari perawatan atau membebaskan peralatan dari perawatan, hal ini disebut maintenance-free-design.

- Maintainability Improvement

Dalam hal ini yang lebih diperhatikan adalah model dari mesin atau peralatan, dimana agar mesin terhindar dari breakdown atau mudah dalam perawatan maupun pengoperasiannya maka mesin tersebut dimodifikasi atau diperbaiki bantuknya.

- Design to Life Cycle Cost

Jenis ini masih ada kaitannya dengan Maintainability Improvement dimana dalam perancangannya mempertimbangkan biaya siklus umur mesin.

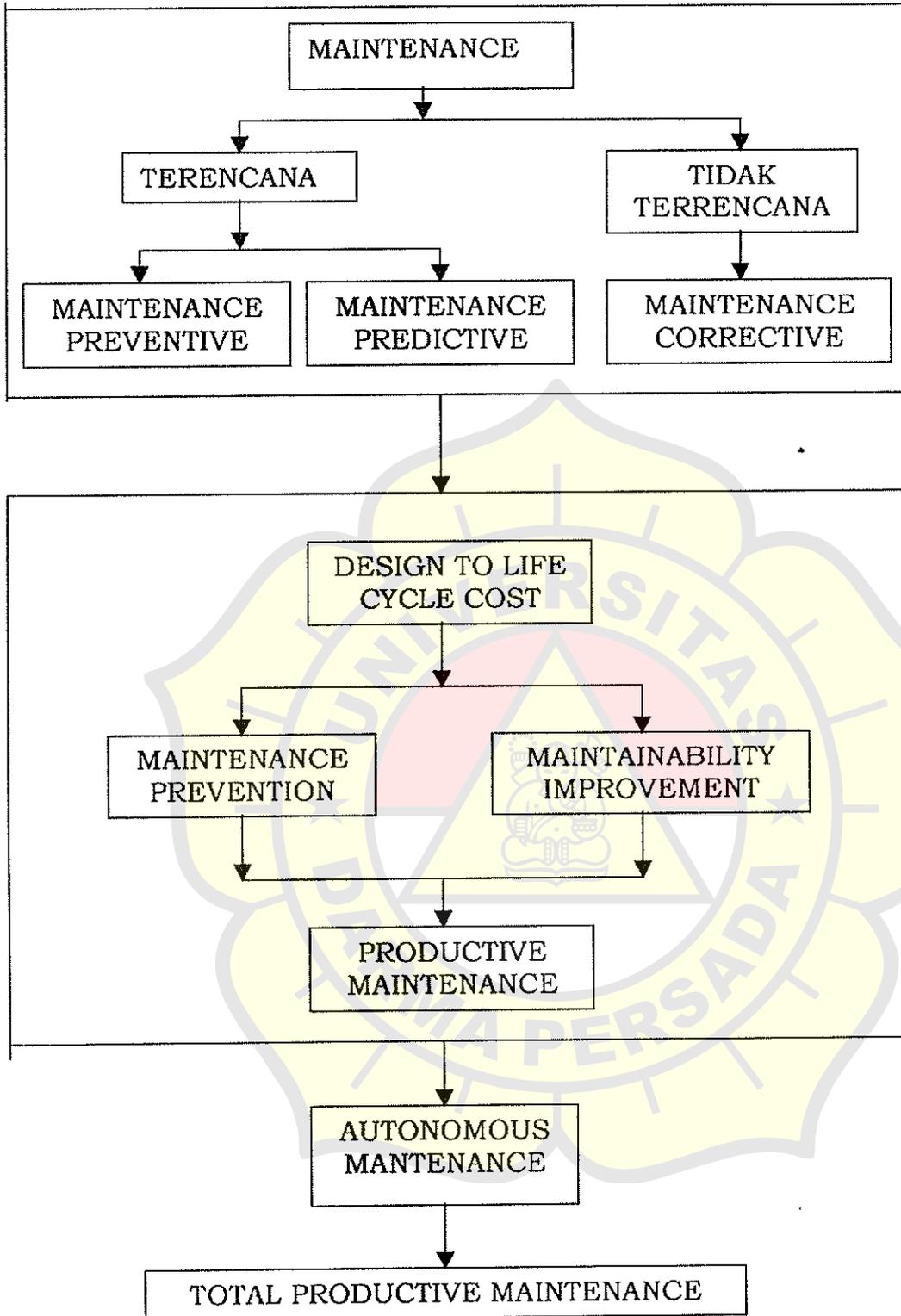
- Autonomous Maintenance

Sistem perawatan yang dilakukan oleh operator atau pemakai mesin. Adapun jenis kegiatan yang dilakukan adalah kegiatan maintenance yang ringan dan tidak memerlukan keahlian dan peralatan khusus.

- Productive Maintenance

Productive maintenance merupakan maintenance hasil pengembangan dan gabungan dari jenis-jenis maintenance diatas yaitu Preventive maintenance, Predictive maintenance, Maintainability Improvement dan Desing-to-life-cycle cost).

Perkembangan bidang maintenance ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar II.2. Perkembangan Maintenance

Sedangkan hubungan antara TPM, Productive maintenance dan Preventive maintenance dapat dilihat pada tabel berikut :

	Ciri-ciri TPM	Ciri-ciri Productive maintenance	Ciri-ciri Preventiv maintenance
Efisiensi Ekonomi (PM yang menguntungkan)	+	+	+
Total Sistem (MP-PM-MI)	+	+	
Autonomous Maintenance By Operator (Grup Kecil)	+		

Keterangan : TPM = Productive Maintenance + Grup Kecil

MP = Maintenance Prevention

MI = Maintainability Improvement

PM = Preventiv Maintenance

Gambar II.3. Hubungan Antara TPM, Productive Maintenance dan Preventive Maintenance

II.2.2. TUJUAN DAN SASARAN TPM

Tujuan utama dari TPM adalah :

1. Mengurangi waktu delay (tunggu) saat operasi.
2. Meningkatkan availability (ketersediaan), menambah waktu yang produktif.
3. Melibatkan pemakai peralatan dalam perawatan, dibantu oleh personil maintenance.

4. Melaksanakan preventive maintenance (regular dan condition based).
5. Meningkatkan kemampuan peralatan, dengan menggunakan expert system untuk mendiagnosis serta mempertimbangkan langkah-langkah perancangannya.

Sedangkan dari definisi TPM secara menyeluruh meliputi lima elemen yaitu :

1. TPM mempunyai sasaran untuk meningkatkan efektifitas peralatan (Overall Effectiveness).
2. TPM menetapkan suatu sistem yang berdasarkan dari preventive maintenance (PM) peralatan . secara berkesinambungan.
3. TPM dilaksanakan oleh berbagai departemen (engineering, operation, maintenance).
4. TPM menyertakan setiap karyawan, dari manajemen puncak sampai pekerja bawahan.
5. TPM didasari atas pengenalan PM melalui manajemen motivasi : kemandirian kegiatan kelompok kecil (autonomous small group activities).

Sasaran atau target dari semua kegiatan improvement dalam suatu pabrik atau perusahaan adalah untuk meningkatkan produktivitas dengan cara mengurangi input (masukan) dan

memperbesar output (keluaran). Output disini bukan hanya kenaikan produksinya tetapi berarti juga makin baiknya kualitas dengan ongkos yang wajar atau rendah, delivery yang tepat waktu dan lain sebagainya. Hubungan anantara input dan output dapat digambarkan dalam matrik berikut ini :

Input \ Output	Money			Management
	Man	Machine	Material	
Production (P)				Production Control
Quality (Q)				Quality Control
Cost (C)				Cost Control
Delivery (D)				Delivery Control
Safety (S)				Safety & Pollution
Morale (M)				Human Relation
Method	Man Power allocation	Plant Engineering & Maintenance	Inventory Control	Output -----= Productivity Input

Gambar II.4. Hubungan Input Dengan Output Dalam aktivitas Produksi

Dari gambar diatas input meliputi :

- Manusia (Man) sebagai tenaga kerja.
- Mesin (Mechine) sebagai fasilitas,.
- Material sebagai bahannya.

Semua ini dalam satuan uang. Sedangkan Output terdiri dari :

- Produksi (P)
- Biaya (C)
- Keamanan, kesehatan lingkungan
- Kualitas (Q)
- Moral (M)
- Pengiriman (D)

Masukan ditentukan oleh bagaimana cara menempatkan atau mengalokasikan tenaga kerja, perencanaan teknik dan perawatan fasilitas, serta bagaimana inventory dikendalikan. Keluaran atau output dikendalikan melalui metode-metode pengelolaan seperti production control, quality control dan seterusnya sesuai dengan jenis keluarannya.

Pada gambar II.4. terlihat bahwa peranan maintenance mempunyai kaitan langsung terhadap semua faktor-faktor keluaran, sehingga walaupun TPM fokus kegiatannya lebih ditujukan kepada pengelolaan masukan yang khususnya disini adalah mesin, tetapi hasilnya akan mempengaruhi keluaran yang tujuannya adalah sama, yaitu meningkatkan produktivitas juga.

Dengan peningkatan pengdayagunaan fasilitas atau peralatan secara optimal diharapkan dapat meningkatkan keluaran dengan mempertahankan kondisi operasi tetap dalam keadaan baik agar terhindar dari hambatan-hambatan yang tidak diharapkan ataupun cacat produk karena kurang baiknya peralatan. Dan yang penting lagi dai keluaran, sasaran yang harus dicapai adalah adanya peningkatan semangat, motivasi dan moral dari semua tenaga kerja terutama dalam sikap untuk mau

bekerja secara tim atau bekerja sama. Hal ini akan mempengaruhi didalam peningkatan atau perbaikan pada faktor-faktor keluaran lainnya. Dalam pencapaian target tersebut ada beberapa tahap yang harus dilakukan yaitu :

- Penerapan Dasar-Dasar Maintenance

Dasar-dasar maintenance tersebut adalah :

1. Memelihara kondisi operasi secara optimal.
2. Cleaning, Inspeksi, Monitoring dan adjustment.

Kedua hal ini dilakukan untuk :

- Mencegah kerusakan alat.
- Mencegah cacat produksi.

- Melaksanakan Sistem Maintenance Secara Terpadu

Aktivitas yang dilakukan disini adalah :

1. Melengkapi atau menyempurnakan sistem maintenance.
2. Meningkatkan kerjasama tim.

Dengan melakukan hal ini diharapkan :

- Terhindar dari kerusakan mesin atau alat.
- Mencegah cacat produksi.
- Breakdown dapat dihindari atau dihilangkan.
- Memperpanjang umur mesin.

- Kerjasama Dari Semua Pihak (Autonomous Maintenance)

Hal ini dilakukan dengan :

1. Menjalankan prinsip-prinsip 5S.

2. Kerjasama operator dalam maintenance.
3. Training.
4. Gugus kecil.

Sasaran yang ingin dicapai pada tahap ini selain sasaran-sasaran yang terdapat pada tahap-tahap sebelumnya juga mempunyai sasaran lain yaitu :

1. Merubah sikap mental.

Ketiga tahapan ini dilakukan untuk mencapai target, sebagai berikut :

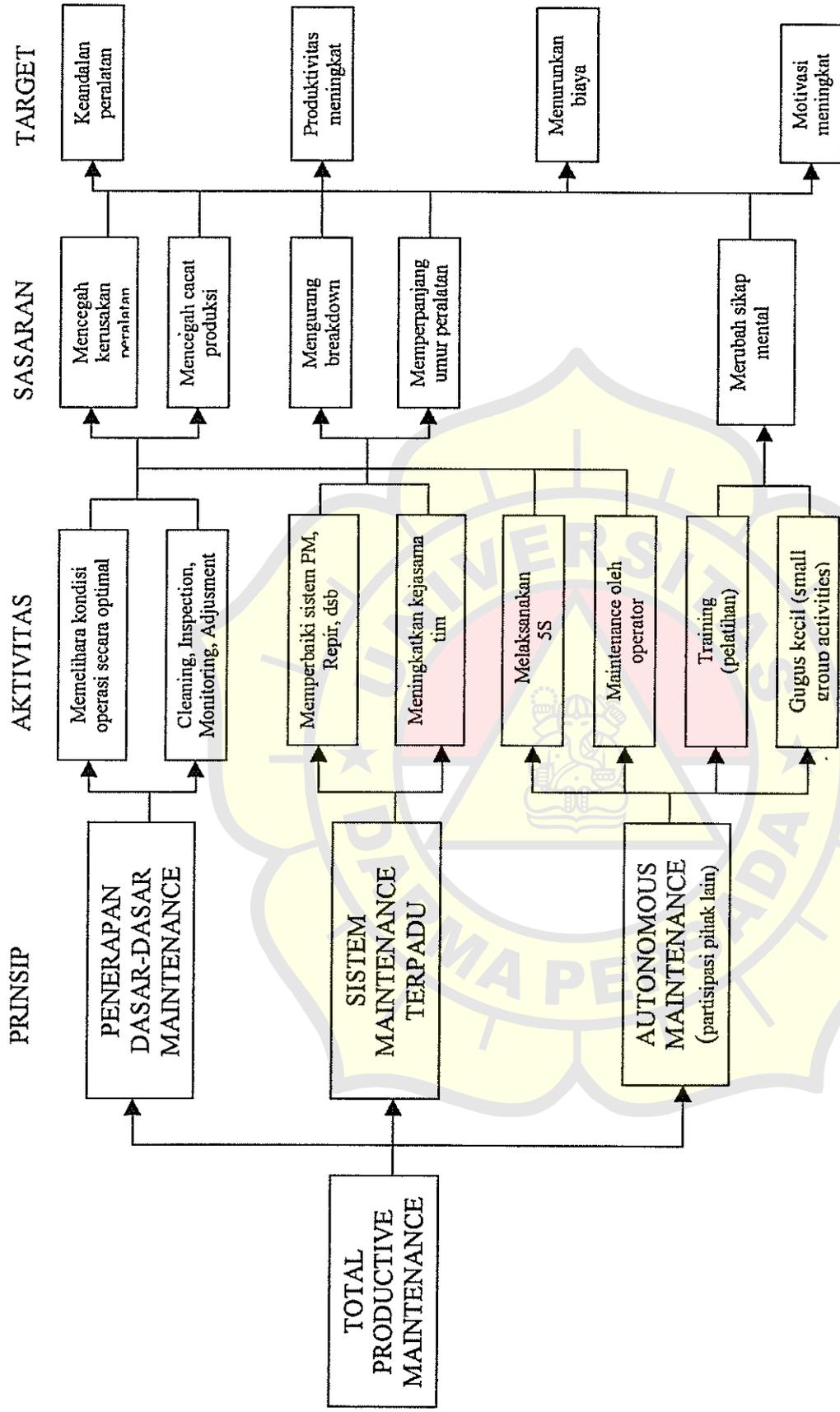
1. Mengoptimalkan keandalan mesin atau peralatan.
2. Meningkatkan produksi.
3. Menurunkan biaya produksi.
4. Meningkatkan semangat kerja.

Secara sistematis hal diatas dapat dilihat pada gambar II.5.

II.3. PENERAPAN TPM

II.3.1. Syarat Penerapan TPM

Sebagai suatu sistem yang baru penerapan TPM pada awalnya tentu akan mendapatkan tantangan atau reaksi baik dari intern maupun ekstern seperti dari sistem yang sudah dianggap mapan. Karena itu ada tiga faktor yang harus dikondisikan didalam penerapan sistem yang baru agar dapat diterima atau bahkan mendapat dukungan.



Gambar II. 5 Tahapan Mencapai Sasaran dan Target

Faktor-faktor tersebut adalah ;

1. Motivasi.
2. Kemampuan.
3. Lingkungan kerja.

Faktor-faktor ini merupakan kunci keberhasilan dari suksesnya penerapan sistem baru. Karena dengan peningkatan motivasi dan sifat berkompetisi akan memaksimalkan keefektifan dalam pengoperasian peralatan. Kemudian dengan lingkungan kerja yang harmonis akan mendukung program kerja penerapan TPM.

Seperti umumnya sistem baru, maka TPM sebagai suatu kebijaksanaan perusahaan hanya bisa diterapkan bila telah ada komitmen dari pimpinan puncak serta para manajer untuk melaksanakan sistem tersebut. Setelah itu maka seluruh jajaran perusahaan harus diberi tahu dan diberi pengertian akan kebijaksanaan baru dapat dilaksanakan.

Hal ini sangat penting karena pada akhirnya pencapaian target atau sasaran dari kebijaksanaan yang ditetapkan oleh manajemen puncak sangat tergantung pada pelaksanaan di level menengah dan bawah, karena merekalah yang melaksanakannya secara langsung.

Selain itu harus ada kejelasan dari target-target tersebut baik itu mengenai cara maupun aturan untuk mencapainya.

Setelah itu jika target tersebut sudah ditetapkan maka semua tenaga kerja harus mengetahui dan memahaminya sehingga mudah diarahkan untuk membentuk grup kecil dilingkungan kerjanya dan dengan motivasi tinggi berusaha untuk mencapai target tersebut.

Pemberitahuan atau promosi mengenai TPM baru bisa terwujud melalui suatu manajemen yang baik, karena dengan manajemen yang baik maka langkah-langkah dalam suatu pencapaian tujuan perusahaan. Dan karena melibatkan tenaga kerja level menengah dan bawah maka manajemen yang ada juga harus mencakup manajemen untuk tingkatan mereka agar mereka dapat melaksanakannya dengan baik dan benar tanpa harus menghadapi hambatan yang berarti.

Sedangkan untuk meningkatkan kemampuan diperlukan pendidikan atau pelatihan (training) yang juga merupakan prasyarat agar TPM bisa diterapkan dalam suatu perusahaan. Training mengenai konsep TPM harus diberikan kepada semua pegawai, mulai dari level atas sampai level bawah. Untuk mengondisikan tercapainya faktor-faktor penentu keberhasilan maka diperlukan usaha-usaha sebagai berikut :

- a) Mempromosikan kebijaksanaan perusahaan tersebut dan menjelaskannya serta alasan dan tujuan yang akan dicapai.

- b) Membina moral dan motivasi semua lapisan pegawai melalui berbagai pertemuan-pertemuan secara rutin baik formal maupun informal.
- c) Memberikan pendidikan dan pelatihan (training) untuk menambah skill atau kemampuan, baik untuk personil maintenance maupun produksi.
- d) Menciptakan lingkungan kerja yang sehat, harmonis dan menyenangkan serta menanamkan rasa saling menghargai diantara personil.

Dari usaha-usaha tersebut diatas diharapkan dapat :

- A. Menumbuhkan motivasi dari para karyawan, termasuk untuk menerima hal-hal yang baru.
- B. Meningkatkan kemampuan karyawan sehingga dapat menerima dan melaksanakan sistem atau hal-hal yang baru seperti TPM.
- C. Menciptakan lingkungan kerja sebagai tempat tumbuhnya sistem baru.

II.3.2. Tahap-Tahap Penerapan TPM

Dalam penerapan TPM ada 12 langkah yang harus dilaksanakan dimana keseluruhan langkah tersebut terbagi kedalam 3 tahap , yaitu :

I. Tahap Persiapan.

Tahap persiapan merupakan penyesuaian terhadap lingkungan kerja untuk melaksanakan rencana penerapan TPM. Pada tahap ini meliputi penganalisaan desain produk secara mendalam, dari proses pembuatan produk tersebut.

Tahap persiapan terdiri dari :

1. Mempromosikan keputusan top manajemen mengenai kebijaksanaanya untuk memperkenalkan TPM.

Promosi ini dapat dilakukan dengan acara-acara khusus untuk acara formal lainnya yang sengaja dilakukan untuk memberitahukan kepada karyawan untuk memperkenalkan TPM. Cara lain yang dapat dilakukan sehubungan dengan hal ini adalah dengan memasang pengumuman baik dalam bentuk pamplet maupun majalah (buletin) perusahaan.

2. Menyelenggarakan pendidikan serta kampanye pergerakan TPM.

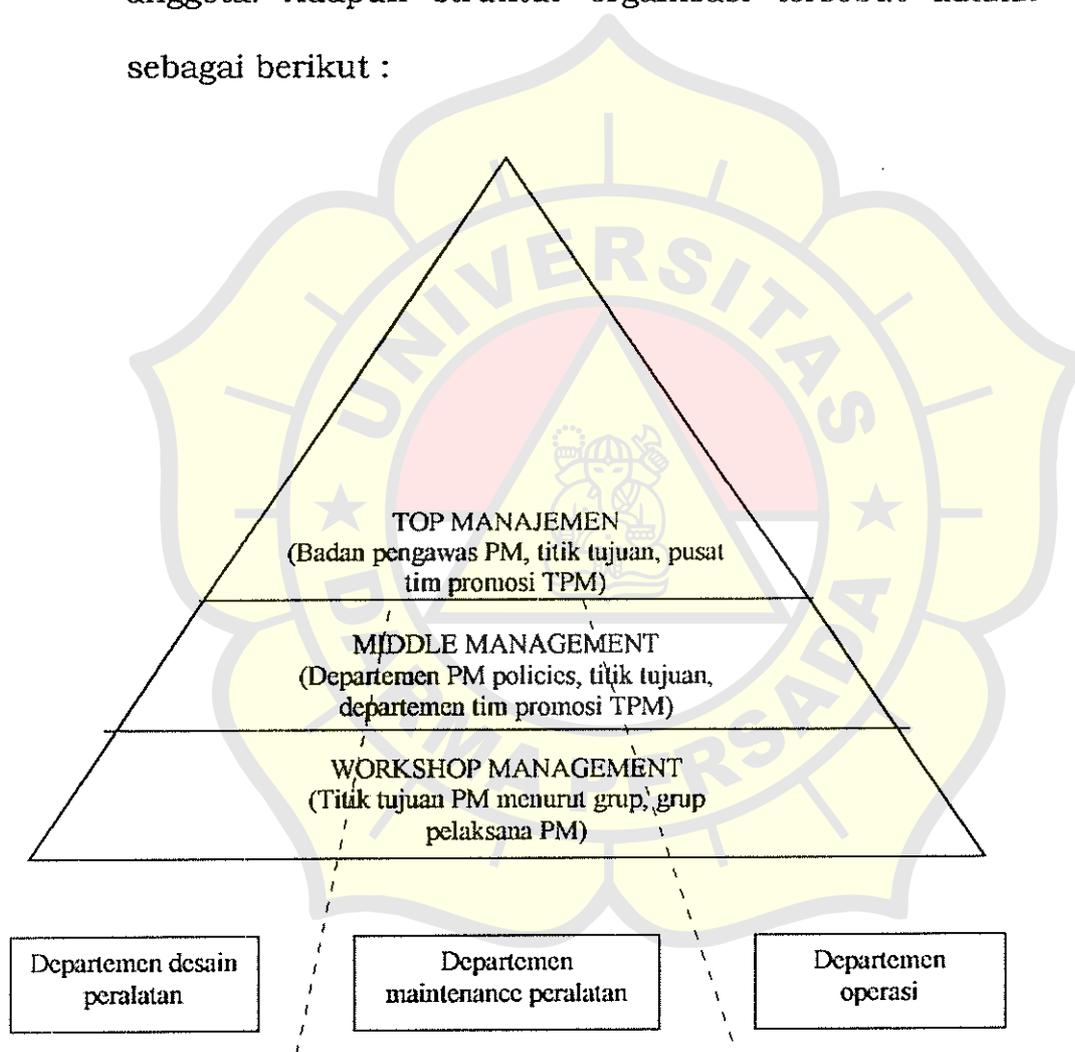
Langkah ini dapat dilakukan melalui :

Manajer : Seminar-seminar atau sarasehan dengan tingkatan masing-masing.

Umum : Presentasi dengan menggunakan slide.

3. Membentuk suatu organisasi untuk mempromosikan TPM

Membentuk tim atau panitia khusus pada setiap level manajemen dari level atas sampai level bawah untuk mempromosikan TPM. Setiap tim terdiri dari ketua dan anggota. Adapun struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar II.6. Struktur Tim Promosi TPM.

4. Menentukan kebijaksanaan dan tujuan dasar TPM.

Pada langkah ini tim menentukan tujuan yang akan dicapai dengan terlebih dahulu melakukan analisa terhadap kondisi yang ada pada saat sekarang dan yang akan datang untuk memperkirakan hasil yang akan dicapai.

5. Menyusun pola induk (master plan) untuk pengembangan TPM.

Dalam hal ini tim mempersiapkan rincian atau rencana penerapan dasar-dasar kegiatan TPM secara jelas dan terperinci. Dasar-dasar kegiatan TPM tersebut adalah :

- 5.1. Peningkatan efektifitas peralatan.
- 5.2. Melaksanakan program autonomous maintenance.
- 5.3. Peningkatan kualitas.
- 5.4. Melaksanakan maintenance dari jadwal yang telah direncana oleh departemen maintenance.
- 5.5. Melaksanakan pendidikan dan training untuk meningkatkan skill.

II. Tahap Implementasi.

Yaitu tahap penerapan TPM itu sendiri. Pada tahap ini membandingkan langkah-langkah produksi dari produk seperti aliran material, pembuatan komponen, inspeksi, perakitan.

Tahap implementasi ini terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pembukaan awal pelaksanaan TPM.

Tahap ini adalah tahap implementasi atau awal penerapan dari TPM sebagai tanda bahwa TPM siap dilaksanakan. Pada pelaksanaan langkah ini pihak perusahaan sebaiknya mengundang para kliennya seperti pelanggan, perusahaan rekanan (mitra usaha), termasuk kontraktor dan pemasok utama. Hal ini perlu dilakukan untuk membangkitkan semangat para personil dan juga untuk menumbuhkan rasa saling memiliki.

2. Melaksanakan peningkatan efektifitas peralatan.

Pada langkah ini ditentukan terlebih dahulu peralatan yang akan dijadikan proyek (model) untuk pelaksanaan TPM oleh tim yang telah dibentuk. Setelah itu dilakukan analisis PM yang dapat menimbulkan kerugian yaitu :

- 2.1. Menerangkan atau mendefinisikan problem.
 - 2.2. Melakukan analisis fisik dari problem yang ada.
 - 2.3. Mengklasifikasikan setiap keadaan penyebab kemungkinan timbulnya problem.
 - 2.4. Melakukan evaluasi terhadap peralatan, material dan metoda.
 - 2.5. Merencanakan pemeriksaan atau perbaikan.
 - 2.6. Melakukan pemeriksaan malfungtion.
 - 2.7. Merumuskan rencana perbaikan.
3. mengembangkan program maintenance mandiri atau autonomous maintenance.

Langkah ke-8 ini terdiri dari tujuh bagian yang merupakan pengembangan dari perawatan mandiri, pada langkah ini juga ditetapkan prosedur sertifikasi serta menyusun keterampilan perawatan pada karyawan. Tujuh bagian pada langkah ke-8 ini adalah :

- 3.1. Initial cleaning.
- 3.2. Melakukan pengukuran sebab dan akibat terhadap debu dan kotoran.
- 3.3. Melakukan pembersihan dan pemberian minyak (lubricating).
- 3.4. Melakukan inspeksi umum.
- 3.5. Autonomous inspection.

- 3.6. Pengelompokan dan pengaturan baik material maupun peralatan.
- 3.7. Pelaksanaan perawatan mandiri secara penuh.
4. Menyusun jadwal program maintenance oleh bagian maintenance.

Langkah ini pada ininya adalah perbaikan manajemen (Quality Management) yang meliputi penentuan jadwal preventiv maintenance dan predictiv maintenance serta penyediaan sparepart, peralatan serta prosedur kerja.

5. Melaksanakan pelatihan untuk meningkatkan keterampilan dan keahlian baik operator maupun teknisi maintenance.

Hal ini dilakukan dengan cara memberikan pelatihan atau pendidikan kepada para pimpinan regu yang selanjutnya oleh mereka disampaikan kembali kepada anggota regu.

6. Menyempurnakan perlengkapan pada awal program manajemen.

Disini mulai dilakukan perawatan prevention dan merancang agar peralatan bebas dari perlakuan perawatan. Hal ini dapat dilakukan dengan kerja sama

antara teknik produksi dengan personil maintenance.

Tujuan dari kegiatan ini adalah :

- 6.1. Mencapai tingkat efisiensi yang tinggi, jika memungkinkan dengan mengurangi investor - equipment.
- 6.2. Memperkecil periode waktu operasi.
- 6.3. Meningkatkan efisiensi waktu dengan tenaga kerja yang kecil dan menyeimbangkan beban kerja.
- 6.4. Memastikan keamanan penggunaan peralatan, memudahkan perawatan, dan pengoperasian yang ekonomis.

III. Tahap Stabilisasi.

Pada tahap ini dilakukan inspeksi akhir secara keseluruhan dari proses manufacturnya. Tahap ini terdiri dari satu langkah yaitu :

Pemantapan pelaksanaan TPM secara baik dan benar untuk mencapai target yang lebih tinggi lagi.

Pada langkah ini dilakukan evaluasi mengenai perawatan produktif yang telah dilakukan serta menyusun serta menetapkan target yang lebih tinggi lagi.

Tahapan-tahapan ini dilakukan secara kontinyu dan berkesinambungan dengan memperhatikan urutan dari tahapan-tahapan tersebut karena dalam kenyataannya langkah-langkah tersebut ada yang bisa dilakukan secara bersamaan ada yang tidak.

II.4. KEGIATAN DASAR TPM.

Secara lebih mendalam penerapan dan prosedur dari TPM untuk memaksimalkan efektifitas peralatan tergantung pada masing-masing perusahaan. Setiap perusahaan harus mengembangkan rencana kegiatannya sendiri sesuai dengan keperluan dan variasi problem, metode produksi, tipe industri, jenis peralatan dan kondisinya.

Secara umum sukses dari penerapan TPM dapat dilihat dari:

1. Meniadakan *enam besar kerugian* (Six Big Losses) dari perbaikan efektifitas peralatan. Enam kerugian tersebut adalah:
 - kerusakan alat.
 - Kehilangan waktu karena setup dan adjusment (pengaturan).
 - Idle dan delay operasi.
 - Penurunan kecepatan. Cacat produk.
 - Penurunan hasil (yield) selama starup.
2. Program perawatan mandiri (Autonomous Maintenance).

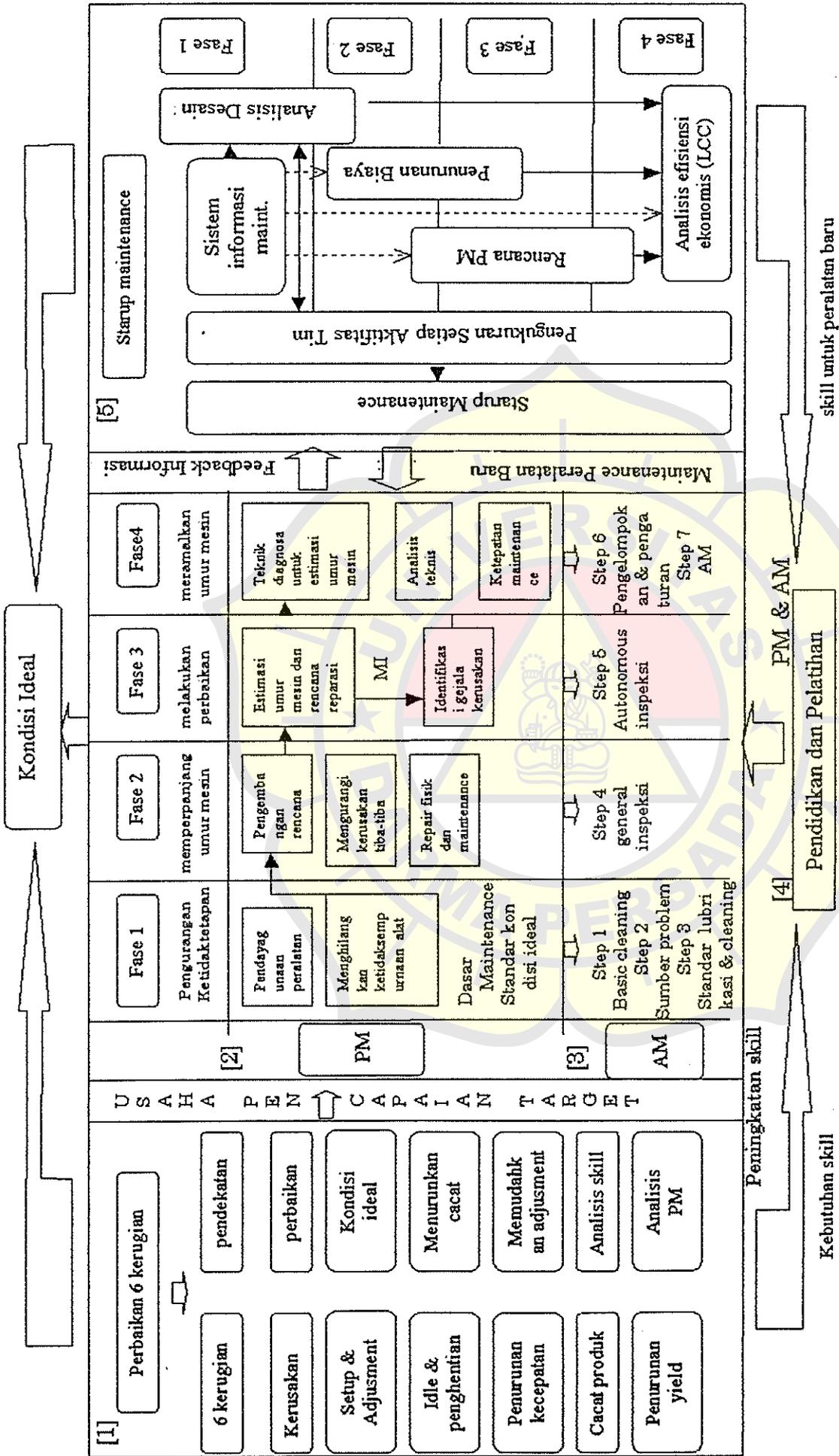
3. Program rencana maintenance untuk bagian maintenance.
4. Peningkatan skill dalam pengoperasian dan perawatan kepada personil.
5. Memulai manajemen peralatan.

Hal ini merupakan titik tolak dari pemikiran bahwa :

- Untuk meningkatkan mutu diperlukan keandalan alat.
- Permasalahan tidak bisa hanya dilakukan dengan problem solver tetapi harus ada partisipasi dari owner. Hal ini didukung dengan :
 - a. adanya kesamaan dalam pengertian antara bagian produksi dengan maintenance.
 - b. Melibatkan pihak produksi untuk bekerjasama dalam hal perawatan.
- Merawat mesin akan lebih baik lagi jika dilakukan oleh operatornya sendiri.

II.4.1. Perbaikan Enam Kerugian.

Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut :



AKTIFITAS TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

II.4.2. Autonomous Maintenance

TPM memperbaiki hasil-hasil perusahaan dan menciptakan tempat kerja yang menyenangkan dan produktif dengan menjalin kerja sama antara seluruh tenaga kerja dengan peralatan.

Dua kunci pokok dalam pelaksanaan autonomous maintenance adalah *ketepatan* dan *berkesinambungan*. Kedua kunci ini berhubungan erat dengan aktifitas TPM lainnya yaitu perbaikan terpusat dengan pelatihan dan pendidikan.

II.4.2a. Fungsi dan Tujuan Autonomous Maintenance.

Autonomous maintenance berfungsi untuk menjaga pengoperasian pabrik secara efisien dengan maksud mendukung rencana-rencana produksi untuk menghasilkan produk yang baik dengan harga yang murah dan waktu yang secepat mungkin.

Adapun tujuan autonomous maintenance adalah :

- a. Mencegah memburuknya peralatan melalui pengoperasian yang benar dan melakukan pengecekan setiap hari.
- b. Menjaga peralatan pada kondisi yang ideal melalui perbaikan dan manajemen yang tepat.
- c. Menjaga kondisi-kondisi dasar yang diperlukan untuk menjaga peralatan agar tetap terpelihara dengan baik.
- d. Menambah skill pekerja dalam menggunakan peralatan dengan cara-cara yang baru yang lebih baik.

II.4.2b. Klasifikasi dan Pembagian Tugas Pemeliharaan.

Kegiatan pemeliharaan dan perbaikan ini dilaksanakan bersama-sama yang meliputi kegiatan menjaga, mengukur dan memperbaiki kerusakan. Zero Failures tidak akan tercapai jika salahsatunya dilalaikan. Maka dari itu langkah pertama dalam menciptakan sistem pemeliharaan adalah dengan menjelaskan tugas dan tanggungjawab antara bagian produksi dengan maintenance serta memastikan kegiatan yang terintegrasi tersebut tidak terabaikan.

Pembagian tugas antara bagian produksi dengan bagian maintenance adalah :

- Aktifitas dari bagian produksi :
 1. Mengatasi kegagalan.
 - Pengoperasian yang benar dengan mengatasi kesalahan faktor manusia.
 - Melakukan penyesuaian yang tepat untuk mengatasi cacat karena proses.
 - Melakukan kegiatan-kegiatan yang mendasar seperti pembersihan, lubrikasi dan penyetelan.
 - Memperkirakan dan mendeteksi atas ketidaknormalan peralatan untuk mengatasi terjadinya kerusakan kembali dan kecelakaan.

- Mencatat kegiatan yang telah dilakukannya sebagai informasi untuk mencegah terjadinya kerusakan dan merencanakan maintenance prevensi.

2. Mengukur kegagalan.

- Inspeksi harian dengan melakukan pengecekan sebelum pengoperasian.
- Inspeksi periodik yaitu bagian dari pemeriksaan overhaul atau saat penghentian pemeliharaan.

3. Meramalkan kerusakan.

- Melakukan service kecil seperti pengukuran darurat ketika kondisi abnormal muncul dan penggantian komponen yang mudah.
- Melaporkan kerusakan dan masalah-masalah dengan cepat.
- Membantu dalam memperbaiki kerusakan-kerusakan yang tidak terduga.

- **Aktivitas maintenance bagian maintenance.**

Bagian maintenance tugas sebenarnya adalah meningkatkan kemampuan memelihara, beroperasi, dan menjaga keselamatan melalui aktivitas-aktivitas yang dilakukan untuk mengenali dan mencapai kondisi peralatan yang optimal. Ini membutuhkan kepandaian untuk memelihara baik dengan peralatan teknologi maupun tidak, bagian maintenance harus tetap meningkatkan kepandaian teknik mereka.

Adapun partisipasi yang dapat dilakukan oleh bagian maintenance adalah :

1. Berpartisipasi dengan memberikan bantuan dalam menciptakan autonomous maintenance.
 - Memberikan intruksi untuk latihan melakukan pemeriksaan kepada operator dengan menyiapkan standar pemeriksaan.
 - Memberikan pelatihan-pelatihan dalam teknik lubrikasi seperti menginformasikan mengenai jenis minyak dan standar pemberian minyak.
 - Memberikan reaksi dengan cepat terhadap kondisi peralatan yang rusak ringan. Dalam hal ini operator mengidentifikasi gejala kerusakan.
 - Memberikan bantuan teknis dalam aktifitas perbaikan seperti menghilangkan sumber-sumber kontaminasi, membuat tempat kerja mudah dibersihkan serta ikut melakukan pemeriksaan dan berperan serta dalam meningkatkan keefektifan peralatan.
 - Mengatur aktifitas-aktifitas rutin.
 - melakukan penelitian dan mengembangkan teknik-teknik pemeliharaan baru.

II.4.2c. Langkah-Langkah Penerapan Autonomous Maintenance.

Agar penerapan autonomous maintenance dapat berjalan dengan baik maka perlu diperhatikan faktor-faktor pendukung untuk keberhasilan autonomous maintenance tersebut, yaitu :

- Seluruh bagian yang terkait harus mengerti benar tujuan serta manfaat dari autonomous maintenance sebagai salah satu aktivitas TPM.
- Manajer dari semua bagian yang terkait harus bekerjasama untuk mendukung mancapai suksesnya autonomous maintenance.
- Membentuk grup aktivitas yang merupakan pelaksana dari kegiatan tersebut dimana semua orang ikut berpartisipasi.
- Autonomous maintenance bukan kegiatan sukarela tetapi merupakan kegiatan yang wajib dan sangat diperlukan.
- Pendidikan atau pelatihan secara bertahap untuk meningkatkan keterampilan semua personil terutama dalam pelaksanaan autonomous maintenance.

Dalam pelaksanaan autonomous maintenance dilakukan secara bertahap melalui aktifitas-aktifitas dasar yang dilakukan oleh seorang personil yaitu :

1. Melakukan pembersihan awal (cleaning).

Tujuan langkah pertama ini adalah untuk menghilangkan hambatan kecil pada peralatan melalui aktifitas :

- a. Menghilangkan debu dan kotoran yang melekat.
- b. Mencari keabnormalan pada peralatan.
- c. Memperbaiki kerusakan kecil dan membuat kondisi dasar.

Hal ini dilakukan oleh operator dengan bantuan oleh para teknisi dan manajer untuk memberikan bimbingan dan pengertian seperti memberikan informasi mengenai akibat-akibat jika peralatan atau mesin tersebut itu kotor serta memberitahukan fungsi dari aktifitas ini. Pelaksanaan pembersihan dalam TPM didasari oleh 5S yaitu :

- 1.1. Seiri (Ringkas) yaitu mengelompokkan barang atau peralatan yang diperlukan dengan yang tidak diperlukan.
 - 1.2. Seito (Rapi) yaitu kegiatan pengaturan letak perlengkapan.
 - 1.3. Seisou (Resik) yaitu kegiatan untuk membersihkan baik peralatan maupun lingkungan kerja.
 - 1.4. Seiketsu (Rawat) artinya menjaga keadaan ketiga S diatas.
 - 1.5. Shetsuke (Rajin) artinya membiasakan diri untuk melakukan keempat S diatas.
2. Menghilangkan sumber-sumber pencemaran serta tempat-tempat yang sulit dijangkau.

Untuk menghilangkan sumber-sumber pencemaran dapat dilakukan dengan :

- Memastikan dengan tepat sifat dari pencemaran dan bagaimana serta dimana pencemaran ini timbul.
 - Mengumpulkan data kuantitatif terhadap volume kebocoran, tumpahan dan pencemaran lainnya.
 - Memberikan motivasi kepada operator untuk melacak sumber pencemaran.
 - Melokalirsir pencemaran awal.
 - Melaksanakan perbaikan terpusat dengan tim proyek termasuk para manajer dan staf teknis.
 - Mempertimbangkan penggunaan teknik-teknik khusus dan alat pelindung.
3. Membuat standar pembersihan dan pelumasan.

Tujuan langkah ini adalah agar pembersihan dan pelumasan yang dilakukan operator tidak berlebihan dengan lain perkataan agar operator mengetahui batas pembersihan dan pelumasan tersebut sehingga dapat mempertahankan peralatan pada kondisi normal.

Sedangkan manfaat bagi anggota grup adalah memberikan tambahan pengetahuan dan tanggungjawab serta kepercayaan diri karena telah terlibat dalam kegiatan ini.

4. Pemeriksaan secara menyeluruh (general inspection).

Dengan pemeriksaan secara visual terhadap sebagian besar peralatan akan menurunkan tingkat kerusakan serta meningkatkan keandalannya. Ini baru dapat dilaksanakan setelah operator mendapat pelatihan dan peningkatan keterampilan dalam melakukan pemeriksaan, menemukan dan memperbaiki peralatan yang rusak melalui modifikasi peralatan sehingga mudah dirawat atau diperiksa.

Sedangkan manfaat dari langkah ini adalah mengetahui karakteristik peralatan dan fungsi masing-masing part.

5. Autonomous inspection.

Autonomous maintenance dikembangkan dan diterapkan sesuai dengan standar inspeksi untuk memudahkan kegiatan tersebut. Sebelum kegiatan ini dilakukan operator ditingkatkan pengetahuannya terhadap peralatan melalui pendidikan dan training dengan maksud agar operator mampu mendeteksi ketidak normalan peralatan serta mengidentifikasikannya kedalam cheksheet yang telah dipersiapkan terlebih dahulu.

6. Pengelompokan dan pengaturan Autonomous maintenance secara sistematis.

Pengelompokan dalam Autonomous Maintenance ini maksudnya adalah mengidentifikasi lingkungan kerja serta teknisi ataupun operator yang berperan dalam kegiatan tersebut termasuk. Sedangkan pengaturan berarti pembagian

kerja atau aktifitas sesuai dengan jenjang masing-masing. Hal ini dilakukan agar dalam penerapan Autonomous Maintenance dapat terorganisir dengan baik. Sehingga masing-masing menyadari tugas dan tanggungjawabnya secara pasti.

7. Penerapan Autonomous Maintenance.

Setelah keenam aktifitas atau langkah dilakukan maka langkah terakhir adalah Penerapan Autonomous Maintenance itu sendiri seperti mengembangkan target perusahaan, impromemen secara berkelanjutan, berdasarkan informasi yang telah didokumentasikan melalui analisis-analisis dari perawatan sebelumnya.

Melakukan perbaikan-perbaikan atas kekurangan atau kelemahan yang dimiliki peralatan sehingga dapat mengantisipasi melalui tindakan-tindakan yang lebih terencana.

II.4.3. Perencanaan Maintenance

Pembagian kerjasama antara departemen produksi dengan departemen maintenance adalah salah satu faktor penting dalam merencanakan maintenance agar lebih efektif.

Perencanaan maintenance meliputi :

- Waktu Dasar Maintenance (Time-Based Maintenance atau TBM)

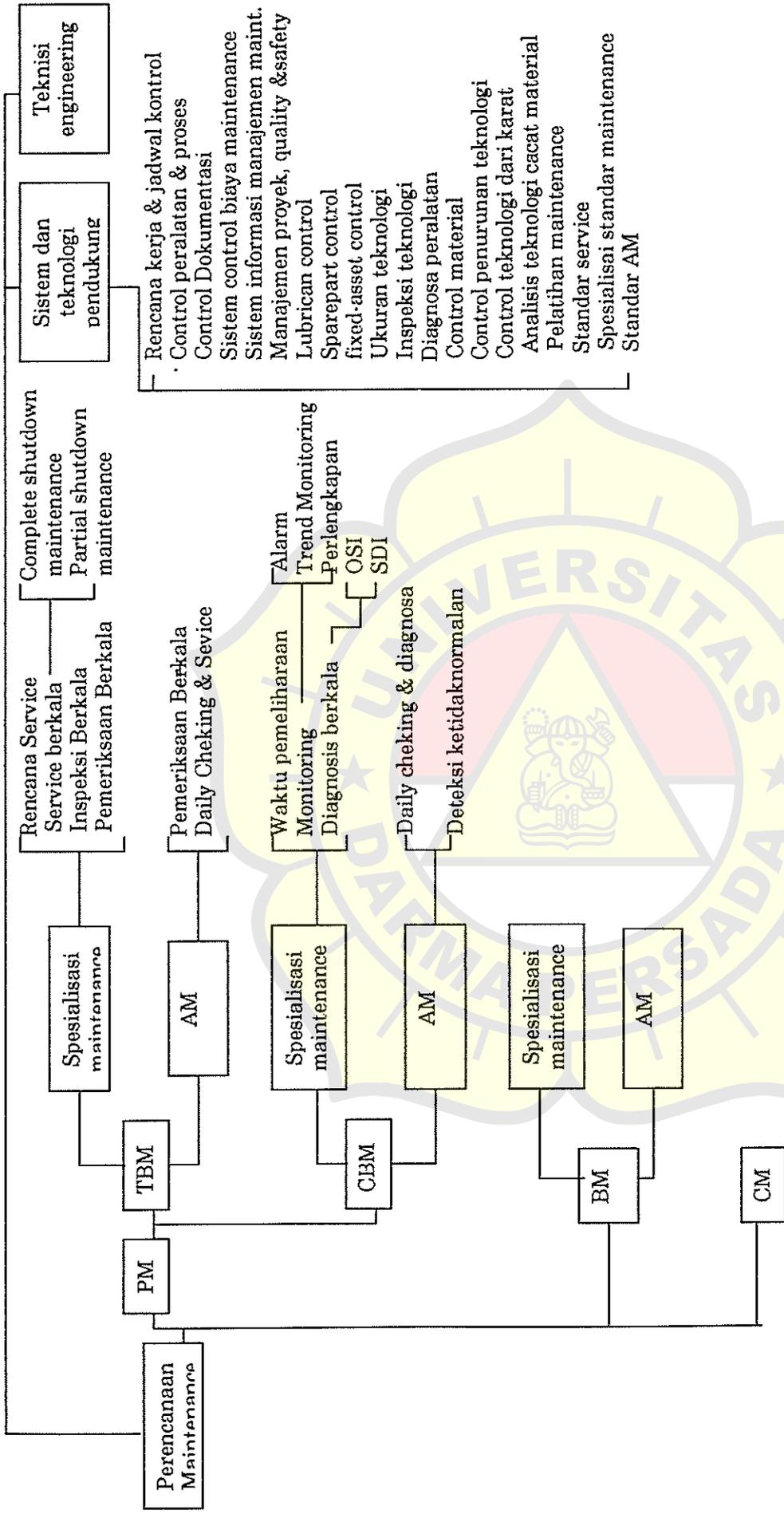
Dalam hal ini menyangkut periode inspeksi, sevice, dan pembersihan peralatan serta penggantian komponen untuk mencegah kemacetan dan masalah pada waktu operasi.

- Kondisi dasar Maintenance (Condition-based Maintenance atau CBM).

Yaitu diagnosa peralatan melalui monitor dan diagnosa kondisi mesin penggerak secara kontinyu pada waktu operasi dan sewaktu melakukan inspeksi.

Inspeksi yang dilakukan adalah dalam bentuk perawatan yang terdiridari Preventive Maintenance (PM), Brekdown Maintenance (BM) dan Corective Maintenance (CM).

Secara sistematis perencanaan maintenance ini dapat dilihat pada gambar II.8.



Gambar II.8 Perencanaan Maintenance

II.4.4. Peningkatan Skill dalam Pengoperasian dan Perawatan.

Dalam peningkatan skill operator, terdapat enam langkah yaitu ;

1. Menguraikan program yang akan dilaksanakan, menentukan kebijaksanaan serta strategi prioritas.
2. Merancang program training.
3. Menerapkan training.
4. Merencanakan dan mengembangkan kemampuan dalam mengembangkan program yang sudah ada.
5. Mengatur lingkungan untuk mendorong pengembangan diri.
6. Analisis terhadap aktifitas dan rencana untuk masa yang akan datang.

II.4.5. Memulai Manajemen Peralatan

Manajemen peralatan merupakan salah satu pendukung dalam persiapan awal pengembangan produk untuk mengantisipasi kebutuhan konsumen, produk yang kompetitif, mudah terjual dan mudah diproduksi dengan pengerjaan yang efisien. Untuk mencapai hal ini diperlukan analisis terhadap input yang terdiri dari *peralatan*, material, SDM, dan metode. Dengan kata lain peralatan yang termasuk kedalam input mempunyai peranan penting sehingga untuk mendukung produksi diperlukan peralatan yang mudah digunakan dipelihara handal dan produktif.

Khusus pada proses produksi, kebanyakan bagian peralatan selalu diukur pada spesifikasi individu. Tanpa manajemen yang jelas akan mengantarkan pada phase operasi yang menghasilkan produk yang cacat. Manajemen peralatan mendukung departemen maintenance dan produksi untuk mencari solusi dalam mengatasi cacat atau kegagalan produksi terhadap desain pabrikasi dan instalasi baik setelah perawatan maupun ketika perawatan dimulai kembali. Dalam hal ini manajemen peralatan juga berperan untuk menentukan dan mengatur periode atau jadwal untuk melakukan perawatan, pengoperasian kembali dengan prosedur sesuai dengan rencana awal.

II.5. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

Untuk mendayagunakan peralatan secara maksimal dapat dilakukan melalui dua jenis cara yaitu :

- 1) Secara kuantitatif yaitu dengan meningkatkan nilai availability (kemampuan) total dari peralatan sekaligus memperbaiki produktivitasnya.
- 2) Secara kualitatif yaitu dengan menurunkan produk yang cacat serta menstabilkan dan memperbaiki kualitas produk.

Adapun variabel-variabel yang mempengaruhi OEE adalah :

- ◆ Availability (rata-rata operasi)

Termasuk kedalamnya adalah breakdown, setup/adjustment dan penghentian lainnya. Dalam bentuk matematis availability dapat dicari dengan rumus :

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operating time}}{\text{Loading time}}$$

$$= \frac{\text{Loading time} - \text{Down time}}{\text{Loading time}}$$

◆ Performance

Termasuk kedalamnya adalah penurunan kecepatan (speed losses), idle. Performance dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Performance} = \frac{\text{Theoretical cycle time}}{\text{Actual cycle time}}$$

◆ Quality rate

Hal ini meliputi produk yang cacat dalam proses serta starup mesin. Rumus mencari Quality rate adalah :

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Jumlah produk yang baik}}{\text{Jumlah Produk}}$$

Sehingga :

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality rate}$$

II.6. SMALL-GROUP ACTIVITIES

Small-group activities merupakan bagian dari aktifitas TPM yang dilakukan oleh sekelompok kecil pegawai, yang bertujuan untuk membantu memaksimalkan efektifitas pada sistem produksi melalui partisipasi dari pegawai dalam perusahaan. Suksesnya small-group activities tergantung kepada tiga faktor yaitu :

1. Motifasi.
2. Kemampuan
3. Kesempatan.

Faktor motifasi dan kemampuan adalah hal yang dimiliki oleh manusia dalam hal ini adalah tenaga kerja, sedangkan kesempatan merupakan sesuatu yang dipengaruhi oleh keadaan atau lingkungan diluar diri tenaga kerja tersebut. Motifasi dan kemampuan dapat ditingkatkan dengan pendidikan dan pelatihan yang berfungsi untuk memberikan tambahan pengetahuan dan keterampilan termasuk memberikan pengertian terhadap kerja sama tim dengan hubungannya antara pekerja, baik itu manajer maupun teknikal. Kesempatan dapat timbul karena adanya pengembangan target atau kerja dari perusahaan yang melibatkan peran serta anggota kelompok kecil tersebut.

Dalam hal ini manajer mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut :

1. Memberikan pengarahan kepada pekerja agar menyadari tugas dan tanggung jawab atas pekerjaannya.
2. Menentukan target serta usaha-usaha untuk mencapainya.
3. Menindaklanjuti atas saran-saran yang diberikan oleh kelompok kecil.
4. Memberikan apresiasi atas hasil kerja para pegawai terutama yang berprestasi.

II.7. CHI SQUARE TEST

Pengujian distribusi menggunakan Chi Square Test untuk menentukan apakah data yang diambil mengikuti distribusi normal atau tidak. Hal ini perlu dilakukan agar dalam penentuan peluang dalam perhitungan selanjutnya tidak terjadi penyimpangan.

Adapun metode ini dipilih karena kesederhanaan dan kemudahannya dalam pengolahan data yang akan dilakukan. Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu ditentukan nilai rata-rata dan simpangan baku dari data dengan rumus sebagai berikut :

$$X = \mu = \sum_{i=1}^n X_i / n$$

$$S = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}}$$

Dimana :

$X = \mu$ = Nilai rata-rata data

X_i = Data ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots$)

n = Banyaknya data

$S = \sigma$ = Simpangan baku

Untuk mengetahui apakah distribusi kerusakan mesin mengikuti distri normal atau tidak maka diperlukan pengujian kecocokan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Nyatakan Hipotesis nol (H_0) : Berdistribusi Normal

Hipotesis yang dirumuskan dengan harapan akan diterima membawa penggunaan istilah H_0 dan hipotesa alternatif dilambangkan dengan H_1

2. Nyatakan H_1 : Tidak berdistribusi Normal

3. Tentukan Nilai α (Tingkat nyata)

4. Tentukan daerah kritisnya yaitu dengan menentukan besarnya Chi Square ($\chi^2_{\alpha; (k-3)}$) dari tabel 1, dimana $k-3 = v$ sebagai derajat kebebasan

5. Hitung besarnya λ^2 dengan rumus:

$$\lambda^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana : O_i = Frckuensi yang diamati dalam kelas interval ke- i

E_i = Frekuensi yang diharapkan dalam krlas interval

ke- i

6. Ambil keputusan dengan pertimbangan sebagai berikut :

$$\lambda^2 \leq \lambda_{\alpha; 9k-3}^2$$

maka H_0 diterima

$$\lambda^2 > \lambda_{\alpha; 9k-3}^2$$

maka tolak H_0

Dimana k adalah jumlah data.

Selain variabel diatas variabel lain yang dibutuhkan adalah :

Peubah acak (z) merupakan suatu fungsi yang nilainya berupa bilangan nyata yang ditentukan oleh setiap unsur dalam ruang contoh. Besarnya " z " dapat dicari melalui rumus :

$$z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

dengan besarnya peluang dinyatakan dalam

$$P(X) = P(Z_{i\alpha} < Z < Z_{i+n\alpha})$$

$$P(X) = P(Z < Z_{i+n\alpha}) - P(Z < Z_{i\alpha})$$

Harga z dapat dilihat melalui tabel 2.

Untuk mempermudah, maka data-data yang akan diuji dapat dituangkan dalam bentuk distribusi frekuensi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tentukan Range : $R = \text{Data terbesar} - \text{Data terkecil}$.
2. Tentukan Interval : $I = 1 + 3,3 \log n$
3. Tentukan Panjang kelas : R/I

Setelah itu data-data yang ada, dapat dikelompokkan sesuai dengan kelasnya masing-masing.

II.8. KEBIJAKSANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE MELALUI MINIMASI DOWNTIME.

Kebijaksanaan ini bertujuan untuk menentukan perbaikan yang optimum berdasarkan interval waktu (t_p) diantara perlakuan preventive dengan menggunakan kriteria meminimumkan total downtime perunit waktu. Total downtime perunit waktu untuk tindakan preventive pada waktu t_p dapat dinotasikan sebagai berikut :

$$D(t_p) = \frac{\text{Rata-rata downtime karena kerusakan} + \text{Downtime karena preventive}}{\text{Panjang Siklus}}$$

Oleh karena Downtime karena kerusakan dihitung sebagai banyaknya kegagalan karena kerusakan dalam interval $(0, t_p)$ dikalikan dengan waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan kerusakan ($H(t_p) \times T_f$). Dengan demikian model perbaikan preventive yang meminimumkan total downtime berdasarkan interval waktu penggantian t_p , dinotasikan sebagai $D(t_p)$ adalah:

$$D(tp) = \frac{H(tp)Tf + Tp}{tp + Tp}$$

Dimana :

$H(tp)$ = Expected banyaknya kerusakan dalam interval waktu $(0, tp)$

$$= \sum_{i=0}^{tp-1} [1 + H(tp - 1 - i)] f_i^{(i)} f(t) dt$$

$$\sum_{i=0}^{tp-1} [1 + H(tp)] \left(I^i \left(\frac{t_2 - \mu}{\sigma} \right) - I^i \left(\frac{t_1 - \mu}{\sigma} \right) \right)$$

Tf = Waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan karena kerusakan

Tp = Waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan sebagai pencegahan

II.9. KEBIJAKSANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE MELALUI MINIMASI BIAYA

Untuk menentukan kebijaksanaan mana yang digunakan, kapan preventif maintenance dilakukan harus diketahui biaya pemeliharaan preventif, biaya reparasi kerusakan dan probabilitas terjadinya kerusakan setelah penyetulan atau reparasi sebagai fungsi waktu sejak reparasi sebelumnya (T. Hani Handoko, 1995:160). Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut

:

- ♦ Rumus mencari probabilitas kerusakan :

Dimana : P_j = Probabilitas kerusakan pada periode j

n_j = Jumlah mesin yang rusak pada periode j

N = Jumlah mesin yang diamati

- ♦ Biaya perbaikan

$$Tcr = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^I P_i}$$

Dimana : Tcr = Biaya bulanan total kebijaksanaan perbaikan

I = Periode

P_i = Probabilitas

- ♦ Biaya pemeliharaan preventif

$$B_n = N \sum_{i=1}^n P_i + B_{(n-1)}P_1 + B_{(n-2)}P_2 + B_{(n-3)}P_3 + \dots + B_1P_{(n-1)}$$

Dimana : B_n = jumlah kerusakan yang diperkirakan

n = Kebijakan untuk jumlah periode

N = jumlah mesin dalam kelompok

P_n = probabilitas mesin rusak dalam periode

- ♦ Jumlah rata-rata kerusakan

Jumlah rata-rata kerusakan perperiode =

- ◆ Biaya kerusakan yang diperkirakan perperiode =

$$\frac{\text{Jumlah rata-rata kerusakan perperiode}}{\text{biaya perbaikan mesin (C2)}}$$

- ◆ Biaya pemeliharaan preventif yang diperkirakan perperiode

$$= \frac{C_1 \times N}{n}$$

Dimana : C1 = Biaya preventif maintenance

- ◆ Biaya sub kebijaksanaan maintenance pada n periode total

Biaya kerusakan yang diperkirakan perperiode + Biaya PM yang diperkirakan perperiode

Kebijaksanaan yang diambil adalah biaya yang terendah dari jumlah periode yang berbeda.