Bab 2

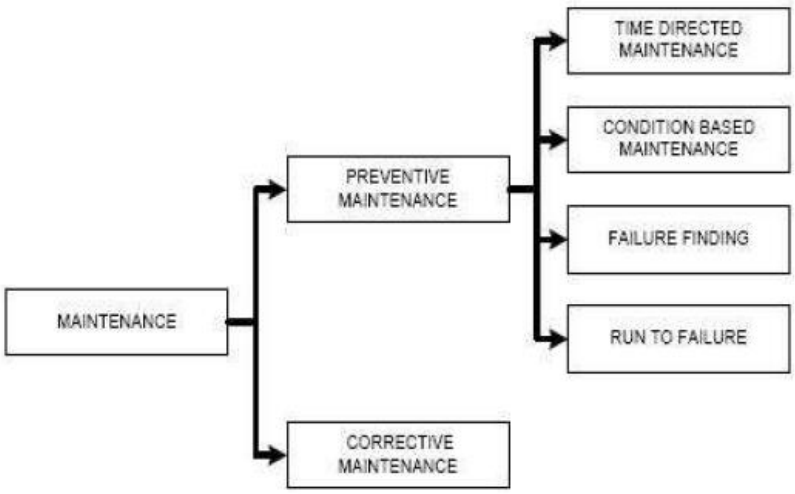
Landasan Teori

2.1. Definisi Perawatan

Perawatan juga didefinisikan sebagai suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas mesin atau peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya. (Supandi, 1990:5).

2.1.1. Kebijakan Perawatan

Jenis-jenis kebijakan perawatan secara umum dapat dikategorikan dalam dua jenis, yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Ilustrasi dari klasifikasi *maintenance* ini dapat dilihat pada gambar 2.1. :



Gambar 2.1. Kebijakan Perawatan

2.1.1.1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeriksaan dan pengamatan secara berkala terhadap performansi sistem dan telah direncanakan terlebih dahulu dalam jangka waktu tertentu untuk memperpanjang kemampuan berfungsinya suatu peralatan. Perawatan ini bertujuan untuk mencegah kerusakan, menemukan penyebab kerusakan atau berkurangnya tingkat keandalan peralatan dan menemukan kerusakan tersembunyi. *Preventive maintenance* terbagi menjadi empat kategori tugas, yaitu sebagai berikut:

1. *Time Directed Maintenance*

   Time Directed Maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan variabel waktu. Kebijakan perawatan lain yang sesuai untuk diterapkan pada kegiatan ini adalah *periodic maintenance* dan *on condition maintenance*. *Periodic maintenance* (*hard time maintenance*) merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara periodik atau terjadwal. Kegiatan yang dilakukan adalah penggantian komponen secara terjadwal dengan interval waktu tertentu. Faktor yang mempengaruhi *periodic maintenance*:

   a. Faktor ekonomi

      Faktor ekonomi penting dilakukan karena jika dihadapkan pada unit yang terhitung murah bila dibandingkan dengan resiko yang ditanggung dan biaya yang lebih besar bila komponen atau unit tersebut mengalami kerusakan apabila terjadi kelalaian.

   b. Faktor keamanan

      Faktor keamanan merupakan kebijakan penggantian yang tidak lagi didasarkan nilai rupiah, tetapi dihadapkan pada keadaan apabila tidak dilakukan, maka nyawa manusia menjadi taruhannya karena berhubungan erat dengan keamanan dan keselamatan manusia. *On condition maintenance* merupakan perawatan yang dilakukan berdasarkan kebijakan operator perawatan. Kegiatan yang dilakukan pada kondisi ini adalah *cleaning*, *inspection* dan *lubrication*.

2. *Condition Based Maintenance*

   Condition Based Maintenance adalah suatu tindakan perawatan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan kondisi yang sedang terjadi, dimana variabel waktu tidak diketahui secara tepat. Kebijakan yang sesuai dengan keadaan tersebut adalah *predictive maintenance*. *Predictive maintenance* merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan dengan memeriksa dan memelihara pada saat perawatan sudah benar-benar memerlukana pemulihan ke tingkat semula. Hal ini dilakukan dengan memonitoring kondisi operasi peralatan berdasarkan data-data dan informasi. Monitoring yang dilakukan antara lain pengukuran suara, analisis getaran, analisis aliran dan komposisi gas.

3. *Failure Finding*

   Failure finding merupakan suatu tindakan pencegahan yang dilakukan dengan cara memeriksa fungsi yang tersembunyi (*hidden function*) secara periodik untuk memastikan kapan suatu komponen akan mengalami kerusakan.

4. *Run To Failure*

   Kegiatan *run to failure* disebut juga *no schedule maintenance* dimana kegiatan perawatan ini tidak melakukan usaha untuk mengantisipasi kerusakan. Suatu peralatan atau mesin dibiarkan bekerja hingga mengalami kerusakan kemudian dilakukan perawatan perbaikan. Kegiatan ini dilakukan jika tidak ada kegiatan pencegahan efektif yang dapat dilakukan, tindakan percegahan terlalu mahal atau dampak gagal tidak berpengaruh.

2.1.1.2. Perawatan Perbaikan (*Corrective Maintenance*)

Kegiatan perbaikan adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan (*failure*) atau sistem tidak dapat berfungsi dengan baik. Hal ini bukan berarti bahwa aktivitasnya tidak dapat diramalkan, karena pada kenyataannya metode untuk mengembalikan fungsi peralatan (*recovery*) dari *failure* dapat dikembangkan. Tindakan yang dapat diambil adalah berupa penggantian komponen (*corrective replacement*), perbaikan kecil (*repair*) dan perbaikan besar (*overhaul*). Kegiatan pemeliharaan ini merupakan perbaikan yang dilakukan setelah mesin atau

sistem mengalami kerusakan atau tidak dapat berfungsi dengan baik. Perawatan perbaikan ini lebih cenderung suatu tindakan yang tidak terjadwal.

2.2. *Overall Equipment Effectiveness*

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah total pengukuran terhadap *performance* yang berhubungan dengan *availability* dari proses produktivitas dan kulitas. Pengukuran OEE menunjukkan seberapa baik perusahaan mengunakan sumber daya yang dimiliki termasuk peralatan, pekerja dan kemampuan untuk memuaskan konsumen dalam hal pengiriman yang sesuai dengan spesifikasi kualitas menurut konsumen (Borris : 2006).

Jika diberitahu bahwa keefektifan peralatan di Plant X lebih dari 85%, dapat diasumsikan bahwa peralatan tersebut dioperasikan secara efektif dan efisien. Tapi metode perhitungan apa yang manjadi dasar kalkulasi? Banyak perusahaan menggunakan istilah "tingkat keefektifan peralatan", namun metode perhitungannya sangat bervariasi.

2.2.1. *Availability*

$Availability$ adalah rasio dari jumlah waktu bahwa alat tersebut mampu membuat produk berkualitas. Elemen *availability ratio* yang digunakan untuk mengukur nilai OEE adalah dengan memperhatikan total waktu kerusakan yang dihasilkan dari *unscheduled downtime*, proses *set-up* dan kerusakan yang tidak direncanakan lainnya.

Faktor penting *availability* adalah *loading time* dan *operating time*. *Loading time* adalah total waktu produksi dalam sehari, yang dapat dipisahkan dalam beberapa aktivitas, sedangkan *down time* yaitu waktu operasi mesin berhenti karena mengalami kerusakan (Nakajima : 1988).

$$Availability = \frac{(loading\ time - downtime)}{loading\ time} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

Keputusan manjemen akan sangat diperlukan untuk mendefinisikan apa yang diterima sebagai *downtime* dan untuk mengontrol *loading time*. Dunia industri sendiri memiliki standar untuk menentukan berapa *availiability* yang harus dicapai, yaitu minimal 85%. Pada point tertentu diperlukan pengetahuan untuk melakukan pengujian untuk melakukan tes, pemeriksaan, pergantian agar bisa memastikan berapa *downtime* yang terjadi.

2.2.2. *Performance*

Performance ratio merupakan suatu *ratio* yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *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.

$$\textit{Operation speed rate} = \frac{\textit{theoretical cycle time}}{\textit{actual cycle time}} \quad \ldots\ldots(2)$$

$$\textit{Net operating rate} = \frac{\textit{actual processing time}}{\textit{operation time}} \quad \ldots\ldots(3)$$

Performance Efficiency = operation speed rate x *net operating rate*……...(4)

Theoritical cycle time yaitu waktu operasin mesin yang sesuai dengan target. Sedangkan *actual cycle time* yaitu waktu operasi mesin yang sebenarnya terjadi di lantai produksi. *Operation time* merupakan waktu operasi mesin.

2.2.3. *Quality*

Quality ratio merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. *Quality* dapat digunakan untuk menunjukkan proporsi produksi yang tidak sempurna dengan volume produksi total. *Quality* meliputi kegagalan pada tahap produksi biasanya pada mesin khusus atau garis produksi.

Processed amount adalah hasil dari proses produksi yang berlangsung. Kalkulasi *Quality* diidentifikasikan dari kegagalan kualitas, jumlah produk cacat untuk kegagalan kualitas selama proses produksi. Departemen membuat sebuah target untuk *Quality* adalah 85 %. Hal ini merupakan catatan penting bahwa sebuah target dianggap dari kegagalan produk yang diidentifikasikan selama proses permesinan. Pengumpulan data secara efektif dianggap sebagai kunci untuk memperbaiki pengukuran kualitas.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah tingkat keefektifan fasilitas secara menyeluruh yang diperoleh dengan memperhitungkan *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product*. (Roy Davis, 1995 : 35). *Availability* adalah rasio dari lama waktu suatu mesin pada suatu pabrik digunakan terhadap waktu yang ingin digunakan (waktu tersedia). *Availability* merupakan ukuran sejauh mana mesin tersebut dapat berfungsi.

Berdasarkan penghargaan yang pernah diberikan oleh Japan Institute of Plant Maintenance sebagai promotor kunci TPM melalui PM *Price*, kondisi ideal OEE yaitu sebagai berikut: (Seiichi Nakajima, 1988 : 27)

- *Availability* > 90%
- *Performance Efficiency* > 95%
- *Rate Quality Product* > 99%

Dari ketiga faktor diatas maka untuk perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* yaitu:

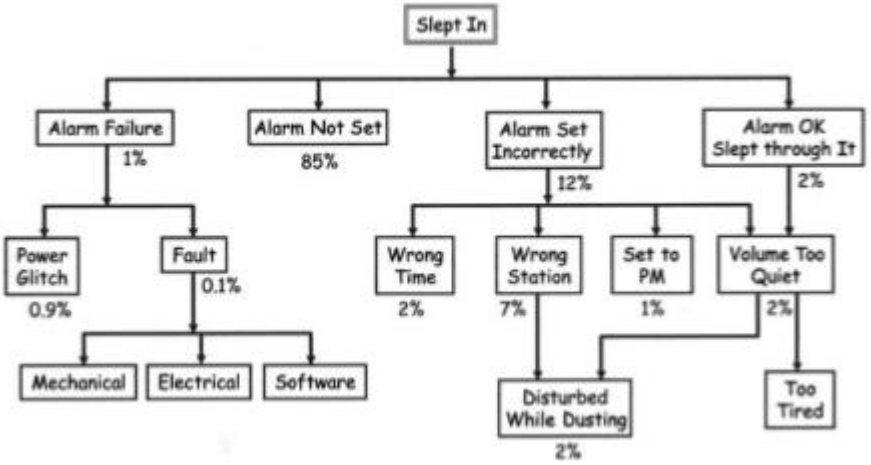
OEE = *Availability Ratio* (%) x *Performance Ratio* (%) x *Quality Ratio* (%)

2.3. *Fault Tree*

Fault Tree Analysis (FTA) dikembangkan sekitar tahun 1962, oleh disebabkan karena banyaknya kejadian kecelakaan udara. Dilakukan oleh Bell Telephone Laboratories. FTA berorientasi pada fungsi (*function oriented*) atau yang lebih dikenal dengan "*top down*" *approach* karena analisa ini berawal dari sistem level

(*top*) dan meneruskannya kebawah. Titik awal dari analisa ini adalah pengidentifikasian mode kegagalan fungsional pada top level dari suatu sistem atau subsistem. FTA adalah teknik yang banyak dipakai untuk studi yang berkaitan dengan resiko dari keandalan dari suatu sistem *engineering*.

Even potensial yang menyebabkan kegagalan dari suatu sistem *engineering* dan probabilitas terjadinya even tersebut dapat ditentukan dengan FTA. Sebuah TOP even yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem (*system failure*), harus ditentukan terlebih dahulu dalam mengkonstruksikan FTA. Sistem kemudian dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan yang didefinisikan pada top event. *Fault Tree* adalah sebuah model grafis yang terdiri beberapa kombinasi kesalahan (*faults*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. Setelah mengidentifikasi top even, even-even yang memberi kotribusi secara langsung terjadinya top even diidentifikasi dan dihubungkan ke top even dengan memakai hubungan logika.



Gambar 2.2. *Fault Tree* Diagram (Borris : 2006)

2.4. *Autonomous Maintenance*

Peralatan yang dibersihkan di Total Produktiv *Maintenance* secara umum dikenal sebagai rutinitas pembersihan dan pemeriksaan. Pembersihkan peralatan di tempat yang dekat untuk membantu seperti membersihkan puing-puing yang berfungsi

sebagai *camouflage* dan mencegah untuk melihat dan mendeteksi masalah yang ada atau yang menjulang. Informasi kerusakan dari persediaan bersih dapat membantu sumber masalah, yang akan menggunakan analisis bersama dengan menggunakan *autonomous maintenance* (AM) dan kemudian diprioritaskan untuk bertindak. Latihan ini sangat mirip dengan penerapan 5S, kecuali jika 5S cenderung berada di luar peralatan, *autonomous maintenance* (AM) dan *preventive maintenance* (PM) cenderung tidak dibatasi oleh batasan, selain yang mungkin diperlukan untuk menghindari masalah keselamatan (Nakajima : 1988).

2.4.1. *Initial Cleaning*

Pada tahap pertama *autonomous maintenance* yaitu *initial cleaning* dimana operator mengembangkan minat dan *initial* dengan melakukan pembersihan secara menyeluruh. Perhatian terhadap proses operator yang meningkatkan beberapa keahlian dalam melakukan pencarian jika menemui mesin atau peralatan yang tidak bersih saat sebelum dan sesudah menggunakannya. Pembersihan adalah sebuah pendidikan, mengapa bagian ini menumpuk kotoran dengan sangat cepat? Operator dapat mengetahui bahwa pembersihan adalah inspeksi. Operator dalam tahap pertama juga dituntut untuk mengetahui melakukan pembersihan seperti melumasi mesin atau komponen kecil pada mesin agar dapat menambah *skill* dalam mendeteksi jika terjadi kerusakan.

2.4.2. *Countermeasures for The Causes and Effect of Dirt and Dust*

Pada tahap kedua *autonomous maintenance* operator bisa melakukan tindakan awal jika terjadi masalah pada mesin dengan menemukan sumber masalah yang terjadi. Semakin sulit bagi individu untuk melakukan pembersihan awal, semakin kuat keinginannya untuk tetap menjaga peralatan dengan demikian, untuk mengurangi waktu pembersihan. Langkah-langkah untuk menghilangkan penyebab terjadinya masalah maka harus bertindak sesuai dengan prosedur yang ada. Jika penyebabnya tidak dapat dilepaskan sepenuhnya, prosedur pembersihan dan inspeksi yang lebih efisien harus dirancang untuk area masalah.

2.4.3. *Cleaning and Lubricating Standards*

Pada langkah 1 dan 2 *autonomous maintenance* yaitu mengidentifikasi kondisi dasar yang harus diterapkan pada sebuah peralatan. Bila ini telah dilakukan, dapat diatur untuk perawatan asar yang cepat dan efektif untuk mencegah kemerosotan, pembersihan, pelumasan untuk setiap peralatan. Waktu yang tersedia untuk membersihkan, melumasi dan mendeteksi masalah sangat terbatas. Jadi badian dari *middle* manajemen harus memberi target yang masuk akal untuk waktu yang harus dilakukan dalam melakukan hal tersebut.

Jika standar yang ditetapkan oleh operator tidak dapat dipertahankan dalam target waktu, mereka harus memperbaiki praktik pembersihan dan pelumas. Hal ini dapat dicapai dengan menyelidiki gagasan inovatif, seperti kontrol visual untuk menunjukkan batasan pada pengukuran level yang lebih baik dan metode pelumasan yang lebih efisien. Pada kasus tersebut, operator dapat melakukan perubahan dengan dukungan penuh dan kerja sama dengan *middle* manajemen.

2.4.4. *General Inspection*

Langkah 1 sampai 3 dilakukan untuk mencegah kemerosotan dan pengendalian kondisi dasar kondisi peralatan pemeliharaan peralatan. Pemeriksaan umum dilakukan untuk mengukur kemerosotan, apalagi dalam bekerja mengembalikan peralatan ke kondisi operasi yang baik, kompetensi peralatan operator harus meningkat.

Awalnya pemimpin lingkaran TPM dilatih dalam prosedur inspeksi ini dengan menggunakan manual inspeksi umum yang disiapkan oleh *middle* manajemen. Para pemimpin ini kemudian membagikan apa yang telah dipelajari dengan anggota lingkaran mereka. Anggota tim bekerja sama untuk menemukan daerah masalah yang ditemukan selama pemeriksaan peralatan umum. Akhirnya, dengan bantuan staf dan personil perawatan, lingkaran tersebut mengambil tindakan untuk memperbaiki kemerosotan dan memperbaiki area yang terkena dampak.

Pelatihan inspeksi umum harus dilakukan satu kategori sekaligus, dimulai dengan pengembangan keterampilan. Keefektifannya diaudit dan diperkuat dengan pelatihan tambahan dan aplikasi praktis. Siklus pelatihan, aplikasi, audit, dan modifikasi ini diulang untuk setiap kategori inpeksi. Langkah keempat ini mungkin butuh waktu lama untuk menyelesaikannya, karena semua operator harus mengembangkan kemampuan mendeteksi kelainan. Ini adalah metode terbaik untuk menghasilkan operator yang kompeten, jadi langkah ini tidak boleh dilewati. Hasil positif tidak dapat dicapai sampai setiap pekerja memperoleh semua keterampilan yang diperlukan.

Tiga langkah pertama AM fokus pada pemenuhan kebutuhan dasar, oleh karena itu upaya pada tahap awal ini mungkin tidak selalu menunjukkan hasil yang dramatis. Pada akhir langkah 4, perusahaan harus melihat perubahan yang menakjubkan, seperti pengurangan 80% pada kegagalan peralatan atau tingkat efektivitas peralatan secara keseluruhan di atas 80%. Jika hasilnya belum nampak saat ini, *skill* yang diajarkan pada langkah awal mungkin belum dikuasai. Ini mungkin juga menunjukkan tingkat keahlian teknis yang rendah.

2.4.5. *Autonomous Inspection*

Pada langkah 5, standar pembersihan dan pelumas yang ditetapkan pada langkah 1 sampai 3 dan standar inspeksi tentatif dibandingkan dan dievaluasi ulang untuk menghilangkan inkonsistensi dan untuk memastikan agar aktivitas perawatan sesuai dengan kerangka waktu dan sasaran yang telah ditetapkan. Pada saat para operator dilatih secara benar untuk melakukan inspeksi umum, departemen pemeliharaan akan menyiapkan kalender pemeliharaan tahunan dan menyiapkan standar perawatannya sendiri. Standar yang dikembangkan oleh lingkaran lokakarya kemudian harus dibandingkan dengan standar pemeliharaan ini untuk memperbaiki kelalaian dan menghilangkan tumpang tindih dalam kategori individual. Tanggung jawab kedua kelompok harus didefinisikan secara jelas sehingga pemeriksaan menyeluruh dilakukan untuk setiap kategori.

2.4.6. *Organization and Tidiness*

Seiri, atau organisasi, berarti mengidentifikasi aspek tempat kerja untuk dikelola dan menetapkan standar yang sesuai untuk mereka. Ini adalah pekerjaan untuk manajer dan *supervisor*, siapa yang harus meminimalkan dan menyederhanakan objek atau kondisi yang akan dikelola. *Seiton* atau kerapihan yang berarti mematuhi standar yang ditetapkan, terutama tanggung jawab operator. Bagian dari kegiatan lingkaran mereka harus selalu berfokus pada perbaikan yang membuat standar lebih mudah diikuti.

Seiri dan *seiton* adalah kegiatan peningkatan yang mendorong penyederhanaan, pengorganisasian dan kepatuhan terhadap standar cara memastikan agar *stndardization* dan kontrol visual dilembagakan ke seluruh pabrik. Langkah 1 sampai 5 menekankan kegiatan yang dikonsep dengan pemeriksaan dan pemeliharaan kondisi alat dasar. Peran operator jauh lebih luas dari pada ini. Pada langkah 6, para perancang dan pemangku kepentingan memimpin dalam menyelesaikan implementasi AM dengan mengevaluasi peran operator dan mengklarifikasi tanggung jawab mereka. Apa yang harus dilakukan operator untuk mencegah kerugian karena kerusakan dan kerusakan misalnya dan menghilangkan keterampilan tambahan jika mereka memilikinya? Berdasarkan pengalaman operator sampai saat ini, para manajer mungkin ingin memperluas cakupan peralatan mereka terkait kegiatan. Selain menjaga kondisi dasar dan memeriksa peralatan, operator juga bertanggung jawab untuk :

1. Operasi dan pengaturan yang benar (pengaturan kondisi dan pengecekan kualitas produk).
2. Mendeteksi dan merawat ke keadaan normal.
3. Merekap data operasi, kualitas dan kondisi peralatan.
4. Melakukan perawatan kecil pada mesin dan komponennya.

2.4.7. *Full Implementation of Autonomous Maintenance*

Langkah terakhir pada *autonomous maintenance* adalah mengimplementasikan semua langkah yang ada mulai dari tahap *initial cleaning* sampai *organization and*

tidiness secara berkesinambungan. Hal ini dilakukan agar memaksimalkan dari ke 6 tahap sebelumnya. Jika tahap ini dilakukan dapat menghasilkan outpout dari mesin yang baik dengan operator yang bisa menggunakan mesin dan melakukan perwatan serta memperbaikinya jika terjadi kerusakan dengan skala kerusakan ringan.