Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Konsep Manajemen Perawatan
2.1.1. Definisi Perawatan
Perawatan adalah aktivitas pemeliharaan, perbaikan, pembersihan, penyetelan dan pemeriksaan terhadap objek yang dirawat. Konsep ini berawal dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan terhadap objek yang dimilikinya, sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia, dapat berfungsi dengan baik dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang diinginkan. Selain itu perawatan juga berawal dari keinginan manusia untuk memiliki sistem yang lebih teratur, rapih, bersih dan fungsional.

Kata “perawatan” atau yang biasa disebut juga pemeliharaan, mulai popular sejak Perang Dunia II. Disini arti perawatan merujuk kepada perlunya perhatian yang lebih besar terhadap pemeliharaan asset yang kompleks dan mahal yang telah mampu kita buat sebelumnya. Hal ini merujuk pada kenyataan bahwa secara alamiah tidah ada barang yang dibuat oleh manusia yang tidak bisa rusak, tetapi usia kegunaanya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan secara berkaladengan suatu aktivitas yang dikenal dengan perawatan. Mungkin hal ini kelihatannya seperti menyatakan hal yang tidak jelas, karena fungsi pelaksanaan perawatan sedemikian perlunya sehingga subjek tersebut telah diterima sebagai kebenaran selama berabad-abad, tanpa banyak memikirkan betapa pentingnya hal ini dalam kehidupan kita, atau dalam istilah modern terhadap biaya dan upaya yang di berikan.

Adapun definisi lain dari perawatan itu sendiri adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Atau bisa disebut juga suatu penentuan

pekerjaan, cara, bahan, alat, mesin, dan karyawan pada saat dan waktu yang diperlukan.

Aktivitas perawatan memiliki banyak kriteria kegiatan yang saling terkait antara satu dengan lainnya. Kegiatan tersebut harus dapat diatur sedemikian rupa, sehingga, dapat menjadi suatu sistem yang mampu mencapai target yang diinginkan. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu konsep pengaturan yang berupa manajemen. Salah satu definisi manajemen sebagaimana dicatat *Encyclopedia Americana* berbunyi "*the art of coordinating the elements of factor of production towards the archievement of the purposes of an organization".* Mary Parker Follet mengartkan manajemen sebagai "*The Art of setting things done through people"*, yang berarti seni untuk melakukan pekerjaan melalui bantuan orang lain. benang merah pengertian manajemen adalah bahwa manajemen merupakan proses koordinasi berbagai sumber daya organisasi (*men, materials, machine)* dalam upaya mencapai sasaran organisasi.

Koordinasi menjadi isu penting karena pencapaian sasaran organisasi harus dilakukan secara efisien. Walaupun manajemen pertama kali dikaitkan dengan usaha bisnis, pandangan kontemporer menyatakan validitas manajemen bagi usaha non bisnis. Manajemen diperlukan bukan hanya bagi usaha yang mengejar laba (bisnis) namun juga bagi usaha nirlaba (seperti sekolah) sejauh usaha tersebut mempunyai sasaran. Paradigm ini dikenal sebaga *classical goal paradigm*. Oleh sebab itu konsep manajemen dibutuhkan pula oleh aktivitas perawatan, karena perawatan secara umum melibatkan manusia, mesin, dan bahan baku sebagai sumber daya utama.

Perawatan yang dilakukan akan menjadi efisien jika konsep manajemen masuk kedalam aktivitas tersebut. Efisiensi adalah pengunaan sumber daya sekecil mungkin untuk untuk memperoleh output yang semaksimal mungkin. Sumber daya perawatan berupa manusia, mesin dan bahan baku, akan berfungsi dengan baik apabila manajemen diterapkan. [Fajar Kurniawan, 2013]

2.2. Tujuan Perawatan

Secara umum manajemen perawatan industri memiliki tujuan: [Fajar Kurniawan, 2013]

1. Mengatasi segala permasalahan, yang berkenaan dengan kontinuitas aktivitas produksi.
2. Memperpanjang umur pengoprasian peralatan dan fasilitas industry.
3. Meminimasi *downtime*, yaitu waktu selama proses produksi terhenti (waktu menunggu) yang dapat menggangu kontinuitas proses.
4. Meningkatkan efisiensi sumber daya produksi.
5. Peningkatan profesionalisme personil departemen perawatan industry.
6. Meningkatkan nilai tambah produk, sehingga perusahaan dapat bersaing di pasar global.
7. Membantu para pengambil keputusan, sehingga dapat memilih solusi optimal terhadap kebijakan perawatan fasilitas industri.
8. Melakukan perencanaan terhadap perawatan preventive, sehingga memudahkan dalam proses pengontrolan aktivitas perawatan.
9. Mereduksi biaya perbaikan dan biaya yang timbul dari terhentinya proses karena permasalahan keandalan mesin.

2.2.1. Permasalahan dalam Perawatan

Fungsi utama dari perawatan adalah untuk mengendalikan kondisi dari peralatan dan mesin. Manajemen perawatan berupaya untuk menjawab beberapa permasalahan yang dihadapi oleh industri dalam melakukan aktivitas prosesnya. Untuk memecahkan masalah yang dihadapi, terkadang para pengambil keputusan dihadapkan pada alternatif solusi yang harus diambil. Setiap alternatif memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, sehingga sulit untuk menentukan alternatif manakah yang merupakan solusi optimal. Adapun permasalahan yang dihadapi, antara lain:

- Pembentukan organisasi perawatan.
- Pembagian tugas perawatan dan perencanaan tugas perawatan.

- Frekuensi inspeksi dan ruang lingkup inspeksi.
- Pengambilan keputusan perbaikan, perbaikan menyeluruh dan penggantian (*repair, overhaul and replacement*).
- Kebijakan *breakdown maintenance.*
- Peraturan penggantian komponen.
- Investasi pengembangan teknologi untuk mengganti fasilitas.
- Reliabilitas (keandalan mesin dan perangkat produksi).
- Jumlah tim perawatan.
- Komposisi mesin dalam lini produksi.
- Penjadwalan dalam melakukan aktivitas perawatan.

2.2.2. Konsep Perencanaan Perawatan

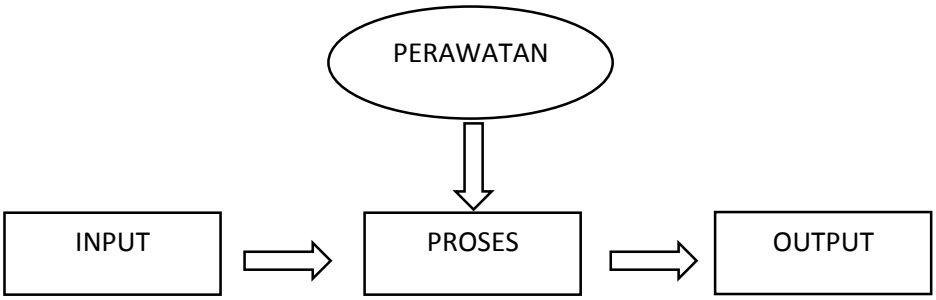
Manajemen memungkinkan perusahaan untuk melakukan beberapa tahapan aktivitas sehingga proses perawatan dapat mengacu kepada kaidah manajemen secara umum yaitu:

1. *Planning* (perencanaan)
2. *Organizing* (pengorganisasian)
3. *Commanding* (komando)
4. *Coordinating* (koordinasi)
5. *Controlling* (pengendalian dan evaluasi)

Kelima fungsi tersebut dapat diterapkan dalam melakukan perencanaan perawatan. *Planning* disusun sebagai langkah yang harus dilakukan oleh pelaksana untuk mencapai tujuan manajemen perawatan, pada tahapan ini seorang pengambil keputusan harus dapat memikirkan dengan matang tujuan dan tindakannya, berdasarkan kepada metode, rencana atau logika tertentu dan bukan atas dasar firasat. [Fajar Kurniawan, 2013]

2.2.3. Model Perawatan Sebagai Pendukung Aktivitas Produksi

Manajemen perawatan akan dapat bekerja secara optimal, apabila mampu menghasilkan uraian kegiatan, program dan peraturan pelaksanaan. Oleh sebab itu, perlu disusun adanya program perawatan, sehingga pelaksanaannya dapat testruktur.



Gambar. 2.1 Perawatan Dalam Aktivitas Produksi

Sumber: Fajar Kurniawan, 2013

Mengingat peralatan produksi yang semakin kompleks dan peralatan yang bertambah canggih, maka diperlukan, program perawatan untuk menjaga sistem kesiapan sarana produksi yang berupa peralatan dan mesin, sehingga proses sehingga proses transformasi bahan baku menjadi produk, dapat berjalan dengan baik, serta menghasilkan output yang berkualitas.

2.3. Pentingnya Pengelolaan Perawatan

Pentingnya pengelolaan perawatan bagi investor perusahaan adalah:

1. Modal yang ditanamkan terlindungi (terawatt) baik berupa bangunan gedung maupun peralatan produksi.
2. Sarana perusahaan selalu optimal dan berumur panjang.
3. Proses produksi lancar dan berpengaruh terhadap keberlangsungan hidup perusahaan.
4. Memiliki data kebutuhan biaya perawatan secara otentik sehingga dapat dipakai sebagai data pengembangan operasi yang berguna untuk membantu perencanaan anggaran ke depan.

Pentingnya pengelolaan perawatan bagi manajer adalah:

1. Menjaga optimalisasi bangunan dan instalasi pabrik dari tingkat kerusakan (terpelihara).
2. Daya guna mesin optimal dan terhindar dari kemacetan proses produksi.
3. Tenaga kerja terkendali, tidak menganggur karena kerusakan mesin.
4. Produktivitas meningkat, biaya perawatan tidak boros.
5. Memiliki data pembelanjaan dan biaya pekerjaan.
6. Perkakas dan suku cadang awet.
7. Terjalin komunikasi antar unit kerja.
8. Terukur dan data yang terekam dapat sebagai pedoman untuk kebijakan selanjutnya.

Pentingnya pengelolaaan perawatan bagi karyawan adalah:

1. Proses produksi lancar, prusahaan untung dan terus jaya serta terhindar dari pemutusan hubungan kerja (PHK) dan secara periodik kesejahteraan meninggkat.
2. Keselamatan dan kesehatan kerja karyawan terjamin.
3. Keadaan yang terpelihara akan menimbulkan rasa bangga, rasa aman, nyaman, dan rasa ikut memiliki perusahaan.

2.3.1. Pengorganisasian Perawatan

Dalam perorganisasian pekerjaan perawatan, perlu memperhatikan beberapa faktor sebagai berikut: [Gempur Santoso, 2010]

- **Jenis pekerjaan.**

  Jenis pekerjaan perawatan akan menentukan karakteristik pengerjaan dan jenis pengawasan. Jenis-jenis pekerjaan perawatan yang biasanya dilakukan adalah : sipil, listrik, permesinan dan sebagainya.

- **Kesinambungan Pekerjaan.**

  Jenis pengaturan pengerjaan yang dilakukan di suatu perusahaan / industry akan mempengaruhi jumlah tenaga perawatan dan susunan organisasi perusahaan. sebagai contoh, untuk pabrik yang melakukan aktivitas pekerjaan lima hari kerja

seminggu dengan satu shift, maka program perawatan preventive dapat dilakukan tanpa menggangu kegiatan produksi dimana pekerjaan perawatan dilakukan diluar jam produksi. Berbeda halnya dengan aktivitas pekerjaan produksi yang kontinyu (7 hari seminggu, 3 shift sehari) maka pekerjaan perawatan harus diatur ketika mesin sedang berhenti beroperasi.

- **Situasi geografis**

  Lokasi pabrik yang terpusat akan mempunyai jenis program perawatan yang berbeda jika dibandingkan dengan lokasi pabrik yang terpisah-pisah. Sebuah pabrik besar dan bangunannya tersebar akan lebih baik menerapkan program perawatan lokal masing masing (desentralisasi), sedangkan pabrik kecil atau lokasi bangunannya berdekatan akan lebih baik menerapkan sistem perawatan terpusat (sentralisasi).

- **Ukuran pabrik**

  Pabrik yang besar akan membutuhkan tenaga perawatan ynag besar dibandingkan dengan pabrik yang kecil, demikian pula halnya dengan pengawas.

- **Ruang lingkup bidang perawatan pabrik**

  ruang lingkup pekerjaan perawatan ditentukan menurut kebijaksanaan manajemen. Depatemen perawtan yang dituntut melaksanakan fungsi primer dan sekunder akan membutuhkan supervisi tambahan, sedangkan departemen perawatan yang fungsinya tidak terlalu luas akan membutuhkan organisasi yang lebih sederhana.

- **Keterandalan tenaga kerja yang terlatih**

  Dalam membuat program pelatihan, dipertimbangkan terhadap tuntutan keahlian dan keandalan pda masing-masing lokasi yang belum tentu sama.

2.4. Terminologi

- **Perawatan (*maintenance)***

  Merupakan suatu rangkaian setiap tindakan atau kegiatan yang dilakukan untuk menjaga suatu fasilitas atau memperbaikinya sampai kondisi yang dapat diterima.

- **Perawatan darurat (*emergency maintenance)***

  Suatu tindakan perawatan yang perlu segera dilakukan untuk mencegah akibat yang lebih fatal.

- **Perawatan yang terencana (*planed maintenance)***

  Cara perawatan yang diorganisir dan dilakukan dengan didasarkan perencanaan yang telah dibuat sebelumnya.

- **Perencanaan perawatan (*maintenance planning)***

  Penentuan yang dilakukan sebelum pekerjaan perawatan terutama pada pekerjaan atau tugas, metode kerja, material, alat dan peralatannya, mesin, tenaa kerja serta waktu yang diperlukan dalam pekerjaan perawatan yang akan datang berikut pengendalian pencatatan sesuai dengan rencana.

- **Kerusakan (*break down*)**

  Suatu kondisi dimana suatu fasilitas sudah tidak mempunyai manfaat, baik secara teknis maupun secara ekonomis. Hal ini merupakan kegagalan yang mengakibatkan ketidaksediaan alat.

- **Perawatan perbaikan (*corrective maintenance*)**

  Cara perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan memulihkan bagian atau komponen mesin termasuk penyetelan dan reparasi yang telah terjadi agar kembali pada kondisi yang dapat diterima.

- **Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*)**

  Cara perawatan yang dilakukan atas dasar rencana yang telah ditetapkan pada selang waktu yang telah ditentukan, dan bersifat pencegahan terhadap terjadinya kerusakan yang mungkin terjadi.

- **Jadwal perawatan (*maintenance schedule*)**

  susunan yang komperhensif tentang kegiatan pekerjaan perawatan lengap dengan aftar kejadian serta akibatnya.

- ***Overhaul***

  Suatu proses perbaikan secara besar dan pemulihan secara menyeluruh serta pengujiannya dari suatu fasilitas untuk mencapai kondisi yang diterima.

- **Waktu kerusakan (*down time*)**

  Suatu periode waktu dimana suatu fasilitas dalam kondisi yang tidak dapat digunakan atau tidak berfungsi seperti yang diharapkan.

2.5. Bentuk Kebijakan Perawtan

2.5.1. Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan kerusakan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin atau peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Kebijakan ini merupakan strategi yang sangat kasar dan kurang baik karena dapat menimbulkan biaya tinggi, kehilangan kesempatan untuk mengambil keuntungan bagi perusahaan karena diakibatkan terhentinya mesin terhentinya mesin, keselamatan kerja tidak terjamin kondisi mesin tidak diketahui, dan tidak ada perencanaan waktu, tenaga kerja maupun biaya yang baik.

Metode ini dikenal juga sebagai perawatan yang didasarkan pada kerusakan (*failure based maintenance*). Kebijakan ini kurang sesuai untuk mesin-mesin dengan tingkat kritis yang tinggi atau mempunyai harga yang mahal dan harganya sesuai untuk mesin-mesin yang sederhana dimana tidak memerlukan perawatan secara intensif. [Ating Sudrajat, 2011]

Keuntungan dari kebijakan perawatan kerusakan:

- Murah dan tidak perlu melakukan perawatan.
- Cocok untuk mesin atau peralatan yang murah, sederhana atau modular.

Adapun kerugiannya adalah:

- Kasar dan berbahaya

- Menimbulkan kerugian yang besar bila diterapkan pada mesin yang mahal, kompleks, dan dituntut tingkat keselamatan tinggi.
- Tidak bisa menyiapkan sumber daya manusia.

2.5.2. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan adalah merupakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadinya kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik untuk mencegah berhentinya mesin yang ditak direncanakan. Literature pertama mengenai perawatan pencegahan ini diterbitkan pada tahun 1925, tentang sistem pemeriksaan secara teratur terhadap kendaraan yang dimulai pada tahun 1930 di pabrik baja USA. Diperkenalkan dijepang pada tahun 1951 dari ESSO oleh toa full co. Bila satu sistem manufaktur menggunakan mesin-mesin yang bersifat kritis dan tidak mempunyai cadangan, serta jadwal produksi yang ketat sehingga berhentinya sistem akan mengakibatkan kerugian yang besar maka aspek perawatan menjadi sangat kritis sehingga kebijakan perawatan pencegahan menjadi pilihan. Teknik perawatan yang digunakan bisa berupa perawatan pencegahan yang berbasis waktu atau perawatan terprediksi.

Keuntungan kebijakan perawatan pencegahan terutama akan menjamin keandalan dari sistem tersebut, menjamin keselamatan bagi pemakai, umur pakai mesin menjadi lebih panjang, *down time* proses produksi dapat di perendah. Sedangkan kerugian yang akan terjadi diantaranya waktu operasi akan banyak terbuang, kemudian akan terjadi human *error* dalam proses *assembly* atau lainnya.

Kebijakan perawatan pencegahan umumnya dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Ciri dari kebijakan ini terlihat dari dilakukannya inspeksi secara periodik dan adanya perencanaan yang sistematis. Adapun aktivitas utama dari kebijakan ini lebih menitikberatkan kepada inspeksi secara periodik dan pemulihan kondisi mesin secara terencana akibat adanya kemunduran fungsi. Dengan demikian, pengertian perawatan pencegahan merupakan kegiatan pendeteksian atau penanganan secara cepat terhadap mesin/peralatan yang tidak normal sebelum terjadi kerusakan atau merugikan.

Pelaksanaan kegiatan perawatan pencegahan bisa dilakukan secara *on-line*, artinya sistem dalam kondisi jalan dan adapula kegiatan perawatan pencegahan yang harus

dilakukan pada saat kondisi berhenti (*off-line*). Tujuan perawatan pencegahan diarahkan untuk memaksimalkan *availability* dan memaksimalkan ongkos melalui peningkatan *reliability*. Dengan lingkup kegiatan bisa hanya mencakup *area process* (*operation, utility, main process* dll) atau bisa diperluas ke area lain seperti *building office* dan fasilitas umum. [Ating Sudrajat, 2011]

Kriteria penentua fasilitas yang masuk dalam program perawatan pencegahan dilihat dari: [Ating Sudrajat, 2011]

- Apakah kerusakan alat berdampak pada *safety*?
- Apakah kerusakan alat dapat menyebabkan *system down*?
- Apakah *repair cost* nya tinggi dan lama?
- Ketersediaan *spare part* dari fasilitas tersebut.
- Kondisi kerja dari fasilitas tersebut.

2.5.3. Perawatan Terjadwal (*Schedule Maintenance*)

Perawatan terjadwal merupakan bagian dari perawatan pencegahan. Perawatan ini bertujuan mencegah terjadi kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Strategi perawatan ini disebut juga sebagai perawatan berdasarkan waktu (*time based maintenance*).

Kebijakan perawatan ini cukup baik dalam mencegah terhentina mesin yang tidak direncanakan. Rentang waktu perawatan ditemukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan. Kekurangannya, jika rentang waktu perawatan terlalu pendek akan menggangu aktivitas produksi dan dapat meningkatkan kesalahan yang timbul karena kurang cermatnya teknisi dalam memasang memasang kembali komponen yang diperbaiki serta kemungkinan adanya kontaminan yang masuk kedalam sistem. Jika rentang waktu perawatan terlalu panjang kemungkinan mesin akan mengalamikerusakan sebelum tiba waktu perawatan. Selain itu jika kondisi mesin atau komponen masih baik dan menurut jadwal harus sudah diganti atau diperbaikiakan menimbulkan kerugian. [Ating Sudrajat, 2011]

2.5.4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif ini pun merupakan bagian perawatan pencegahan. Perawatan prediktif ini dapat diartikan sebagai strategi perawatan dimana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri. Untuk menentukan kondisi mesin dilakukan tindakan pemeriksaan atau monitoring secara rutin, jika terdapat tanda atau gejala kerusakan segera diambil tindakan perbaikan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, jika terdapat gejala kerusakan segera pula diketahui.

Perawatan prediktif disebut juga perawtaan berdasarkan kondisi (*condition based maintenance*) atau juga disebut monitoring kondisi mesin (*machinery conditioning monitoring*), yang artinya sebagai penentuan kondisi mesin dengan cara memeriksa mesin secara rutin, sehingga dapat diketahui keandalan mesin dan keselamatan kerja terjamin. [Ating Sudrajat, 2011]

2.6. *Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*

Failure mode, effects, and criticality analysis (*FMECA*) adalah suatu teknik desain untuk secara sistematis mengidentifikasi dan menginvestigasi kelemahan sistem yang potensial (produk atau proses). Ini terdiri atas metodologi untuk mengkaji semua cara dimana kegagalan sistem terjadi, pengaruh kuat kegagalan pada kinerja sistem dan keamanan, serta keseriusan dari pengaruh-pengaruh tersebut. *FMECA* meliputi dua analisis berbeda bentuk kegagalan dan analisis pengaruh yang mana kemudian dikembangkan untuk menganalisis kekritisan bentuk kegagalan, yang disebut dengan istilah criticality analysis (CA) diatas banyaknya keuntungan yang nyata dalam mengidentifikasikan aksi-aksi atau perubahan-perubahan yang dapat mengeliminir atau mengurangi peluang terjadinya kegagalan yang potensial dan mengevaluasi resiko produk/proses, *FMECA* juga dapat memperkuat sistem ilmu pengetahuan dan memberikan peningkatan dalam wawasan kedalam perilakunya yang diharapkan. Kemudian, hasil dari *FMECA* ditindak lanjuti didalam suatu cara yang tepat waktu memberikan masukan yang sangat berguna sekali kedalam pengembangan program perawatan preventif biaya efektif dan yang bertalian dengan rencana pengendalian terfokus.

FMECA merupakan teknik penting yang diutilisasikan selama tahap perencanaan konseptual dan pengkajian, dan dikembangkan melalui perencanaan detail dan tahap pengembangan. Agar lebih efektif lagi. Ini dikaitkan dengan hal-hal penekanan dan detail pada sistemberdasarkan penelitian, organisasi, dan tahap pengmbangan sistem. Sementara itu analisis merupakan yang terbaik digunakan untuk mempengaruhi penguatan "*before-the fact*" terhadap perencanaan sistem dan yang berkorespondensi dengan infrastruktur pendukung, ini dapat juga digunakan sebagai alat "*after-the fact*" untuk mengevaluasi dan secara terus menerus meningkatkan sistem yang ada. Didalam salah satu kasus tujuannya adalh untuk meningkatkan keefektifan sistem, mengurangi perawatan sistem dan biaya pendukung, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan persaingan internasional secara keseluruhan.

Bentuk kegagalan pada level sistem dapat mempengaruhi analisis kritis, bergantung kepada penekanan dan orientasinya, dan umumnya dapat diklasifikasikan sebagai FMECA desain yang berorientasi produk atau proses FMECA yang berorientasi proses. Sementara itu desain FMECA menekankan isu-isu secara langsung berhubungan dengan kinerja perlengkapan utama, biaya pemelihaaan, dan keamanan, proses FMECA memfokuskan pada proses yang digunakan untuk transformasi bahan mentah dan produksi serta perakitan berikutnya perlengkapan utama, dan bagaimana keragaman dan kegagalan didalam proses-proses tersebut dapat berdampak secara keseluruhan pada fungsionalitas perlengkapan.

Selanjutnya untuk mengklarifikasikan perbedaan diantara proses dan desain FMECA, perhatikan paking mesin pada sebuah mobil sedangkan menjalankan *FMECA* pada mobil dari perspektif desain, bentuk-bentuk kegagalan yang berasosiasi dengan komponen pada mobil, termasuk paking, harus diperhatikan seiring dengan dampaknya pada operasi mobil. Untuk mengilustrasikan permasalahan tersebut, selama rangkaian operasi paking kemungkinan "retak", yang mengakibatkan pemakaian minyak mesin meningkat, yang mana nantinya

mungkin juga mengakibatkan biaya pengoperasian lebih tinggi, dan seterusnya. Fokus di dalam menjalankan *FMECA* ini adalah pada mobil, oleh karena itu perakitannya pada level rendah dan komponen-komponennya berasosiasi dengan bentuk dan pengaruh kegagalan.

Di sisi lain, proses *FMECA* memfokuskan pada proses transformasi matrial yang sebenarnya digunakan untuk memproduksi komponen-komponen mobil yang berbeda-beda, termasuk paking mesin. Sebagai contoh, seandainya ini memerlukan tiga proses untuk memproduksi paking—menekan, mencap, dan menyelesaikan. Keragaman pada masing-masing proses tersebut dapat mengakibatkan produksi paking menjadi sub standar di dalam hal komposisi material, toleransi, dan seterusnya. Di dalam banyak hal keragaman dideteksi sebagai bagian dari program asuransi kualitas produksi secara keseluruhan; sekalipun banyak paking yang berkualitas rendah kemungkinan dipasang pada mesin, sehingga menyebabkan masalah-masalah selama fase operasional mobil. Pnekanan di dalam suatu proses *FMECA* adalah untuk menganalisis proses yang digunakan untuk memproduksi komponen-komponen yang membuat perlengkapan utama dan oleh karena itu dari sudut pandang bagaimana proses-proses tersebut komponen dan kualitas perlengkapan dapat dihasilkan. Ini sebenarnya dari pembahasan diatas bahwa desain dan perspektif proses satu sama lainnya saling memberikan dampak, dan tentu saja ada sesuatu yang saling melengkapi di dalam ruang lingkup kedua orientasi *FMECA*.

FMECA juga dapat dilakukan dengan menggunakan naik itu pendekatan fungsional dari atas ke bawah, maupun pendekatan perangkat keras dari bawah ke atas, atau suatu kombinasi dari kedua pendekatan tersebut. Teknik yang digunakan ini adalah sebagai suatu fungsi dari jumlah data dan informasi yang ada baik itu bagi seorang desainer maupun seorang analis, dan kondisi dari aktivitas perencanan dan pengembangan. Seringkali pada tahap paling awal didalam perencanaan dan tahap pengembangan, analisis ini melibatkan bagaimana menginvestigasi sistem dari sudut pandang fungsional. Pendekatan fungsional ini diadakan untuk FMECA yang

biasanya dilibatkan kedalam pendekatan perangkat keras atau perangkat lunak yang komprehensif selama tahap perencanaan terperinci, bilama informasi yang berhubungan dengan bagian-bagian komponen dan karakteristiknya menjadi tersedia bagi seorang analis tersebut.

FMECA yang terbaik dimulai selama tahap konseptual dan perencanaan awal ketika sistem dianalisis dari sudut pandang fungsional. Akan tetapi agar keefektifan menjadi maksimum, maka analisis mesti dikembangkan sebagai informasi tambahan bagi seorang analis. Ini harus juga mencerminkan perubahan-perubahan perencanaan dan dampaknya terhadap sistem secara keseluruhan. Diatas keuntungan-kuntungan yang lebih nyata dimana berkembang dari suatu *FMECA*, ini dapat memberikan konstribusi signifikan terhadap studi kelayakan sistem selama tahap konseptual dan perencanaan awal melalui penggambaran konflik fungsional, ketidakpaduan, dan atau hambatan-hambatan pada tahap awal perencanaan. [Benjamin S. Blanchard, 1994]

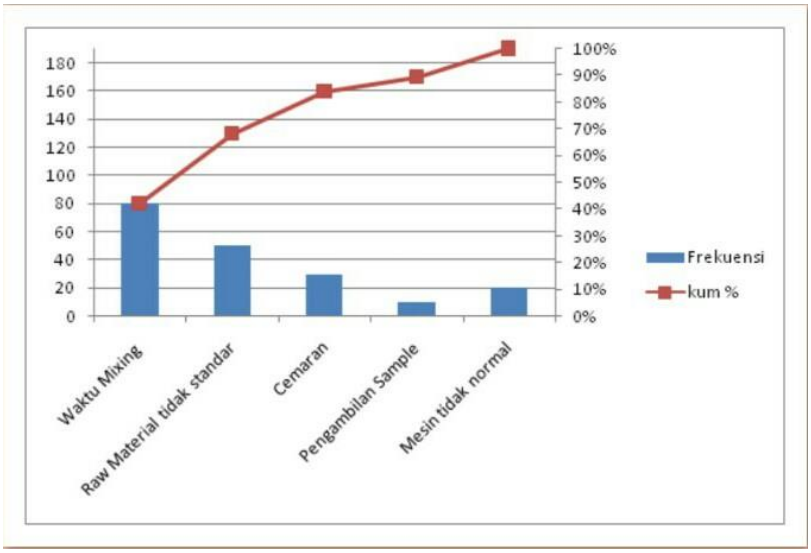
Tahapan-tahapan tersebut yang merupakan pendekatan umum untuk selanjutnya akan dibahas. [Benjamin S. Blanchard, 1994]

A. *Mendefinisikan keperluan-keperluan sistem (produk atau proses).* Untuk masing-masing produk atau proses, ini penting untuk menekankan tidak hanya pada hail dan produksi yang lebih diharapkan melainkan juga pada hasil dan produksi yang kurang diharapkan. Bagaimana untuk menyempurnakan produk atau proses tersebut? Lebih lanjut, kebutuhan-kebutuhan ini perlu ditelusuri kembali ke kebutuhan yang sebelumnya telah diidentifikasi dan kebutuhan-kebutuhan pelanggan. Semua factor-faktor kinerja dan efektifitas yang relevan perlu ditekankan.

B. Menyempurnakan analisis fungsional. Ini melibatkan bagaimana mendefinisikan sistem di dalam hal fungsional. Fungsionalitas sistem secara jelas digambarkan dengan menggunakan representasi simbolik seperti diagram pareto. Representasi fungsional suatu sistem seringkali dilengkapi dengan

diagram alur data yang berkaitan didalam suatu format seperti *N*-squared charts untuk meningkatkan wawasan kedalam karakteristik perilaku sistem.

Contoh diagram paroeto dapat dilihat pada gambar 2.2. berikut:



Gambar 2.2. Diagram Pareto

Sumber: http://myblogseru.blogspot.co.id/2014/12/diagram-pareto.html

Diagran Pareto adalah sebuah proses stratifikasi dan penentuan tingkatan berdasarkan data yang ada. Diagram Pareto pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli ekonomi dari Italia yang bernama Vilfredo Frederigo Samoso pada tahun 1897 merupakan pendekatan logis dari tahap awal pada proses perbaikan suatu situasi yang digambarkan dalam bentuk histogram yang dikenal sebagai konsep vital few and the trivial many untuk mendapatkan menyebab utamanya. Kemudian digunakan oleh Dr. M. Juran secara luas dalam kegiatan kendali mutu untuk menangani kerangka proyek, proses program, kombinasi pelatihan, proyek dan proses, sehingga sangat membantu dan memberikan kemudahan bagi para pekerja dalam meningkatkan mutu pekerjaan

Fungsi dari penggunaan Diagram Pareto dalam 7 tools, yaitu sebagai berikut.

1. Menunjukkan persoalan utama;
2. Menyatakan perbandingan masing masing persoalan terhadap keseluruhan;
3. Menunjukkan tingkat perbaikan setelah adanya tindakan perbaikan;

4. Menunjukkan perbandingan masing masing persoalan sebelum dan setelah perbaikan.

Langkah-langkah pembuatan diagram pareto, yaitu sebagai berikut.

1. Stratifikasi permasalahan dan nyatakan dalam angka.
2. Tentukan jangka waktu pengumpulan data.

Untuk memudahkan melihat perbandingan hasil sebelum dan sesudah perbaikan, jangka waktu pengumpulan data sebelum dan sesudah perbaikan dibuat sama.

3. Atur masing masing penyebab secara berurutan sesuai dengan besarnya nilai dalam grafik kolom. Penyebab dengan nilai lebih besar terletak di sisi paling kiri dan seterusnya.
4. Gambarkan grafik garis yang menunjukkan jumlah persentase (total = 100%) pada bagian atas grafik kolom. Dimulai dengan nilai yang terbesar dan di bagian bawah masing masing kolom dituliskan keterangan kolom tersebut.
5. Pada bagian atas berikan keterangan atau nama diagram dan jumlah unit seluruhnya.

Diagram Pareto merupakan metode standar dalam pengendalian mutu untuk mendapatkan hasil maksimal atau memilih masalah-masalah utama dan lagi pula dianggap sebagai suatu pendekatan sederhana yang dapat dipahami oleh pekerja tidak terlalu terdidik, serta sebagai perangkat pemecahan dalam bidang yang cukup kompleks.

Diagram Pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang terpenting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah).

Selain itu, Diagram Pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses, sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses.

Diagram Pareto dibuat berdasarkan data statistik dan prinsip bahwa 20% penyebab bertanggungjawab terhadap 80% masalah yang muncul atau sebaliknya. Kedua aksioma tersebut menegaskan bahwa lebih mudah mengurangi bagian lajur yang terletak di bagian kiri diagram Pareto daripada mencoba untuk menghilangkan secara sistematik lajur yang terletak di sebelah kanan diagram. Hal ini dapat diartikan bahwa diagram Pareto dapat menghasilkan sedikit sebab penting untuk meningkatkan mutu produk atau jasa.

Keberhasilan penggunaan diagram Pareto sangat ditentukan oleh partisipasi personel terhadap situasi yang diamati, dampak keuangan yang terlihat pada proses perbaikan situasi dan penetapan tujuan secara tepat. Faktor lain yang perlu dihindari adalah jangan membuat persoalan terlalu kompleks dan juga jangan terlalu mencari penyederhanaan pemecahan.

Adapun kegunaan dari diagram pareto antara lain:

1. Untuk menganalisa suatu fenomena, agar dapat diketahui hal-hal yang prioritas dari fenomena tersebut.
2. Untuk dapat menentukan”pangkal persoalan”.
3. Sebagai alat interpretasi dalam menentukan frekuensi atau tingkat kepentingan relatif dari berbagai persoalan atau sebab.
4. Menfokuskan pada pokok persoalan vital dengan cara mengurutkan berdasarkan kepentingan.
5. Menunjukkan hasil perbaikan. Sesudah dilakukan tindakan koretif berdasarkan prioritas, kita dapat mengadakan pengukuran ulang dan membuat diagram

   pareto baru. Apabila terdapat perubahan dalam diagram pareto yang baru itu,

maka tindakan korektif tersebut ada dampaknya.

6. Menyusun data menjadi informasi yang berguna. Dengan menggunakan diagram pareto sejumlah data yang besar dapat disaring menjadi informasi yang signifikan.

Jadi dari uraian di atas dapat dimaknai betapa pentingnya analisis diagram pareto dalam menemukan permasalahan organisasi dan menyusun kembali rencana perbaikan sehingga dapat mencapai tujuan dari perusahaan yang telah ditetapkan sebelumnya.

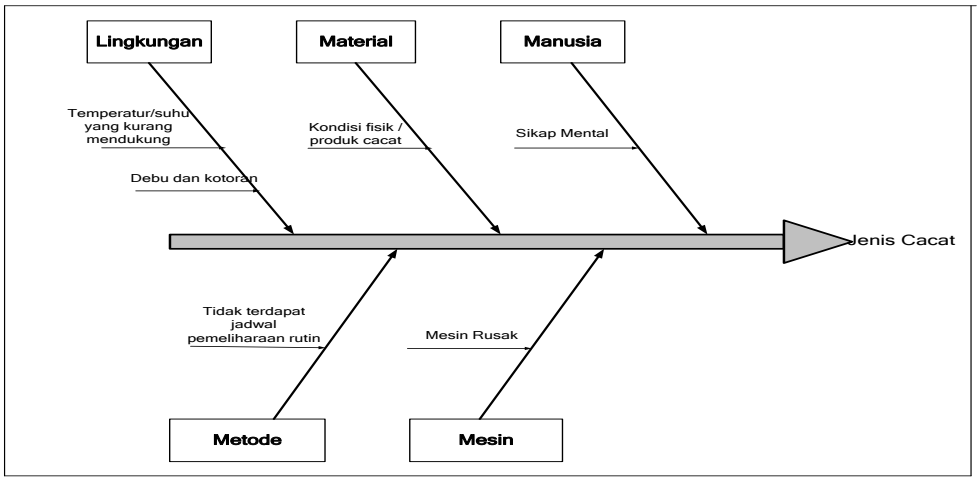
C. Menyempurnakan pengalokasian kebutuhan. Ini adalah kekacauan keperluan pada level sistem ke masing-masing entitas dari atas ke bawah di dalam hirarki fungsionalitas sistem (produk atau proses). Ini penting untuk mengidentifikasi kinerja yang dapat diterapkan, keefektifan,input/output, hasil, kecepatan, dan factor-faktor lainnya untuk masing-masing kelompok fungsional.

D. Mengidentifikasi bentuk kegagalan. Di dalam konteks analisis ini, bentuk kegagalan adalah cara dimana unsur sistem tidak mampu untuk menyelesaikan fungsinya. Sebagai contoh, saklar pada posisi “buka”; pipa besar pecah dikarenakan tekanan; dan lain sebagainya. Ini benar apakah fokus analisis merupakan suatu proses atau bagian dari perlengkapan. Sebagai suatu peringatan, sewaktu akan menggambarkan bentuk kegagalan, ini dianjurkan bahwa seorang analis mesti sedikit spsifik. Dengan menggambarkan bentuk kegagalan umum seperti kinerja yang menurun atau minimnya produksi mungkin menyebabkan banyak kebingungan sementara itu harus menentukan sebab yang terjadi.

E. Menentukan sebab kegagalan. Ini melibatkan bagaimana menganalisis proses atau produk untuk menggambarkan tanggung jawab bagaimana mengurangi tingkat sebab kejadian atas beberapa kegagalan tersebut. Pendekatan tim mengadakan *FMECA* memfasilitasi identifikasi serangkaian kasus yang lebih

potensial. Sementara itu pengalaman dengan sistem adalah mendefinisikan nilai plus didalam menyelesaikan tahapan ini didalam proses analisis, teknik-teknik seperti diagram sebab dan akibat Ishikawa juga disebut "*fishbone* diagram," dapat terbukti menjadi sangat efektif didalam menggambarkan tanggung jawab atas sebab kegagalan. Diagram sebab dan akibat adalah gambaran sistematis dan grafis dari berbagai macam factor yang mempengaruhi fungsi sukses produk atau proses. Untuk sistem atau sub sistem yang kompleks, jumlah factor atau variable yang relevan kemungkinan secara wajar luas, Juran dan Gryna menganjurkan penggambaran yang lebih signifikan atau variable-variabel penting yang mana dapat menggambarkan kelompok satelit atau variable kecil. Untuk mengilustrasikan utilisasi teknik ini, perhatikan proses pabrik pembuatan paking. Sementara itu dengan menganalisis proses atas sebab bentuk kegagalan, banyak variabel penting berupa (a) perlengkapan, (b) lingkungan pabrik, (c) pngendalian dan prosedur pabrik, dan (d) bahan dasar. Nantinya variabel-variabel penting ini menggambarkan kelompok variabel kecil. Sebagai contoh, lingkungan pabrik dapat dibagi menjadi variabel-variabel minor yang lebih mendetil seperti suhu pengoperasian, medan magnet, debu, dan vibrasi. Gambaran factor-faktor grafis tersebut yang mempengaruhi keefektifan fungsi produk atau proses memberikan wawasan berharga bagi seorang analis sementara itu menggambarkan sebab kuat bentuk kegagalan.

Contoh diagram sebab akibat dapat dilihat pada gambar 2.3. berikut:



Gambar 2.3. Diagram Sebab Akibat
Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan diagram sebab akibat adalah sebagai berikut:

a. Menentukan masalah atau karakteristik mutu yang akan dikendalikan dan diperbaiki pada tulang kepala ikan.
b. Menuliskan karakteristik mutu pada sisi kanan. Gambarkan tanda panah besar dari sisi kiri kesisi kanan.
c. Menuliskan faktor-faktor utama dari kerusakan yang akan diperbaiki pada cabang anak panah, misalkan; Manusia, Mesin, Metode, Material dan Lingkungan
d. Menuliskan sub faktor kerusakan secara terperinci pada masing-masing cabang sehingga berbentuk ranting-ranting cabang.

F. Menentukan efek kegagalan. Dampak kegagalan seringkali didalam cara yang beragam, kinrja dan efektifits bukan hanya unsur fungsional yang berasosiasi melainkan pula sistem secara keseluruhan. Apabila akan mengadakan *FMECA*, ini penting untuk mempertimbangkan efek kegagalan pada entitas fungsional level yang lebih tinggi dan dampaknya terhadap sistem secara keseluruhan. Di lain pihak, sementara itu menganalisis suatu proses ini pentig untuk menekankan efek kegagalan pada proses berikutnya dan pada konsumen akhir.

G. Mengidentifikasi alat peneteksi kegagalan. Di dalam konteks *FMECA* berorientasi proses, ini merujuk pada pengendalian proses yang sekarng, yang mana mungkin dapat mendeteksi terjadinya kegagalan atau kerusakan. Akan tetapi apabila *FMECA* memiliki suatu fokus desain, ini merujuk pada eksistensi beberapa bentuk desain, alat bantu, alat ukur, aat baca, atau prosedur-prosedur verifikasi sehingga potensi bentuk kegagalan dapat dideteksi.

H. Tingkat keburukan bentuk kegagalan. Kepelikan, didalam analisis ini, merujuk pada efek atau dampak yang sebenarnya dari bentuk kegagalan tertentu. Standar militer, MIL-STD-1629A, mengajukan klasifikasi efek kegagalan kedalam empat kelompok kepelikan sepeti berikut ini:
   a. *Bencana besar:* Suatu kegagalan yang dapat berakibat pada hilangnya nyawa seseorang dan atau kerugian sistem secara keseluruhan.
   b. *Kritis:* Suatu kegagalan yang dapat mengakibatkan luka serius pada seseorang dan atau dapat menyebabkan kerusakan sistem yang signifikan dan hilangnya fungsionalitas sistem.
   c. *Marjinal:* Suatu kegagalan yang dapat menyebabkan luka kecil pada seseorang, kerusakan kecil sistem, dan atau fungsionalitas sistem menurun.
   d. *Minor: S*uatu kegagalan yang tidak cukup parah menyebabkan luka pada seseorang atau kerusakan sistem, tetapi disini diperlukan biaya untuk perbaikan.

Di sisi lain, FMECA sebagaimana yang diutilisasikan di dalam industri mobil pada umumnya melibatkan bagaimana kepelikan bentuk kegagalan pada skala 1-10, sebagaimana yang digambarkan didalam tabel.

Tabel 2.1 Memperkirakan Tingkat Keburukan

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

a. Tingkat Keburukan	Nilai
Minor: Tidak beralasan untuk mengharapkan bahwa sifat dasar kegagalan ini akan memberikan dampak nyata terhadap kinerja sistem. Pelanggan kemungkinan juga tidak akan memberitahukan kegagalan tersebut.	1
Rendah: Tingkat kepelikan rendah yang tampak pada sifat dasar kegagalan bukan hanya menyebabkan sedikit kejengkelan bagi pelanggan. Melainkan juga pelanggan kemungkinan hanya memberitahukan sedikit gangguan pada kinerja sistem.	2 3
Sedang: Tingkat kegagalan sedang menyebabkan banyak pelanggan kecewa. Pelanggan dibuat tidak nyaman ataupun merasa dijengkelkan dengan kegagalan tersebut. Pelanggan akan memberitahukan beberapa gangguan kinerja sub sistem.	4 5 6
Tinggi: Tingkat tinggi kekecewaan pelanggan dikarenakan sifat dasar kegagalan tersebut seperti sistem tidak dapat dioperasikan. Sekalipun tidak mengganggu keamanan sistem ataupun menyebabkan gagal memenuhi peraturan pemerintah.	7 8
Sangat tinggi: tingkat kepelikan yang sangat tinggi sewaktu bentuk kegagalan yang potensial dapat mempengaruhi fingsi keamanan sistem ataupun menyebabkan gagal untuk memenuhi peraturan pemerintah.	9 10

Tabel 2.2 Memperkirakan Tingkat Frekuensi

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

b. Frekuensi Bentuk Kegagalan Yang Terjadi	**Nilai**	**Probabilitas Kegagalan**
Sedikit : Kegagalan tidak mungkin terjadi	1	<1 dari 10^6
Rendah: secara relatif beberapa kegagalan	2	1 dari 20.000
	3	1 dari 4.000
Sedang: sewaktu-waktu kegagalan terjadi	4	1 dari 1.000
	5	1 dari 400
	6	1 dari 80
Tinggi: kegagalan berulang-ulang terjadi	7	1 dari 40
	8	1 dari 20
Sangat tinggi: kegagalan hampir tidak dapat dielakkan	9	1 dari 8
	10	1 dari 2

Tabel 2.3 Memperkirakan Tingkat Deteksi probabilitas

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

c. Deteksi Probabilitas	**Nilai**
Sangat tinggi: design verification (DV) atau sekarang pengendalian proses hampir sudah pasti mendeteksi potensi terjadinya bentuk kegagalan	1 2
Tinggi: DV atau PCs sekarang mungkin dapat memberikan kesempatan yang baik untuk mendeteksi potensi terjadinya bentuk kegagalan	3 4
Sedang: DV atau sekarang PCs mungkin dapat mendeteksi potensi terjadinya bentuk kegagalan.	5 6
Rendah: DV atau sekarang PCs tidak akan mungkin mendeteksi potensi terjadinya bentuk kegagalan	7 8
Sangat rendah: DV atau sekarang PCs kemungkinan tidak dapat mendeteksi potensi terjadinya bentuk kegagalan	9
Kepastian tidak dapat dideteksi: DV atau sekarang PCs tidak dapat mendeteksi potensi terjadinya bentuk kegagalan	10

I. *Tingkat frekuensi terjadinya bentuk kegagalan.* Fungsi atau komponen fisik didalam suatu sistem kemungkinan tidak dapat memenuhi didalam cara yang beragam, tahapan ini menekankan frekuensi terjadinya setiap bentuk kegagalan secara individual, juga disebut dengan istilah frekuensi kegagalan modal. Sebenarnya, jumlah semua frekuensi kegagalan modal untuk suatu unsur sistem mesti sama denganb tingkat kegagalannya. Standar militer, MIL-STD 1629A, mengusulkan dua pendekatan, yaitu pendekatan kualitatif dan yang satunya lagi pendekatan kuantitatif, untuk menekankan frekuensi terjadinya bentuk kegagalan. Pendekatan kualitatif hanya dianjurkan dalam hal informasi tingkat kegagalan yang spsifik tidak tersedia bagi seorang analis. Tabel 7.2 mencantumkan tingkatkualitatif frekuensi bentuk kegagalan. FMECA sebagaimana yang dilakukan di industri mobil , melibatkan nilai frekuensi bentuk kegagalan pada skala 1-10.

Tabel 2.4 Tingkat Kualitatif Probabilitas Kegagalan

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

Nilai	Nama dan Penjelasan
A	*Seringkali:* Probabilitas tingi kejadian selama operasi produk. Probabilitas tinggi digambarkan sebagai probabilitas bentuk kegagalan tunggal yang lebih besar dibandingkan dengan 0.20 dari probabilitas kegagalan produk secara keseluruhan.
B	*Kemungkinan beralasan:* Probabilitas kejadian pada tingkat sedang selama operasi produk. Kemungkinan di dalam konteks ini digambarkan sebagai probabilitas bentuk kegagalan tunggal yang lebih besar daripada 0.10 tetapi kurang dari 0.20 probabilitas kegagalan produk secara keseluruhan.
C	*Sewaktu-waktu:* Probabilitas sewaktu-waktu terjadinya kegagalan selama operasi produk. Probabilitas sewaktu-waktu digambarkan sebagai probabilitas bentuk kegagalan tunggal lebih besar daripada 0.01 probabilitas kegagalan produk secara keseluruhan.
D	*Sedikit:* probabilitas terjadinya kegagalan tidak mungkin selama operasi produk. Probabilitas yang sedikit digambarkan sebagai probabilitas bentuk kegagalan tunggal lebih besar daripada 0.001 tetapi kurang dari 0.01 probabilitas kegagalan produk secara keseluruhan.
E	*Sangat tidak memungkinkan*: Suatu kegagalan yang probabilitas terjadinya kegagalan dapat diabaikan selama operasi produk. Sangat tidak memungkinbkan ini digambarkan sebagai probabilitas bentuk kegagalan tunggal kurang dari 0.001 probabilitas kegagalan produk secara keseluruhan.

Di dalam hal informasi tingkat kegagalan memadai dan data ada pada unsur-unsur sistem secara keseluruhan, maka pendekatan kuantitatif dianjurkan. Pendekatan ini memerlukan unsur atau tingkat kegagalan fungsional, waktu pengoperasian dan sirkulasi tugas, rasio bentuk kegagalan (misalnya, rasio frekuensi kegagalan modal terhadap fungsional total atau frekuensi kegagalan produk), dan kegagalan yang mempengaruhi probabilitas sebagai input.

J. Memperkirakan probabilitas dimana kegagalan dapat dideteksi. ini merujuk pada probabilitas bahwa bentuk atau alat bantu perencanan dan prosedur verifikasi akan dapat mendeteksi potensi bentuk kegagalan pada waktu akan menghindari terjadinya kegagalan pada level sistem. Apabila analisis ini memiliki orientasi proses, maka ini merujuk pada probabilitas dimana serangkaian pengendalian proses di tempat akan berada didalam suatu posisi untuk mendeteksi dan mengisolir suatu kegagalan sebelum ini dialihkan ke proses-proses berikutnya atau ke konsumen akhir. Probabilitas ini diperkirakan pada skala 1-10 sebagaimana yang telah dipraktekan pada umumnya didalam industri otomotif.

K. Menganalisis kekritisan bentuk kegagalan. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mengkonsolidasikan informasi yang umumnya didapatkan dalam rangka untuk menggambarkan aspek-aspek desain sistem yang lebih kritis. Kekritisan didalam konteks analisis ini adalah suatu fungsi dari frekuensi terjadinya bentuk kegagalan, kepelikannya, dan probabilitas bahwa ini akan dapat dideteksi pada saat menghindari dampaknya pada level sistem.

Dari sisi spectrum komersial, terutama sekali industri otomotif, kegunaan metric yang disebut dengan istilah risk priority number atau RPN yang mana dapat diungkapkan seperti berikut ini: [Benjamin S. Blanchard, 1994]

RPN = (tingkat kepelikan) x (tingkat frekuensi) x (probabilitas tingkat pendeteksian) ……....(2.1.)

RPN menggambarkan kekritisan bentuk kegagalan> sebenarnya, bentuk kegagalan dengan frekeunsi tinggi kejadian, dengan dampak signifikan pada kinerja sistem, dan yang mana sulit untuk mendeteksi kemungkinan RPN sangat tinggi sekali yakni tingginya kekritisan. Dengan mengadakan analisis Pareto (sebagai bagian dari FMECA) membantu didalam memvisualisasikan
Memvisualiasikan bentuk kegagalan yang lebih kritis, yang mana memrlukan perhatian lebih besar pada unsur tim dan manajemen perencanan. Gambaran visual semacam ini membantu didalam membedakan beberapa bentuk kegagalan kritis dari beberfapa yang tidak signifikan.

Sedangkan ini penting untuk mendapatkan sentuhan mengenai bentuk kegagalan yang lebih kritis, ini adalah kegagalan yang menyebabkan bahwa perlu dipecahkan jika peningkatan –peningkatan untuk desain produk dan proses dapat dipengaruhi. Para penulis menganjurkan sebab kegagalan analisis Pareto kaitannya dengan bentuk kegagalan analisis Pareto. Ini karena sangat sering sekali sebab yang sama kemungkinan untuk memicu kegagalan yang beragam, dan mengadakan analisis Pareto yang akan memberikan wawasan kedalam sebab kegagalan yang paling merusak.

Tahapan selanjutnya di dalam analisis ini adalah untuk mengidentifikasi ketentuan-ketentuan sebagai pengganti, atau untuk merancang kembali komponen-komponen sistem guna menekankan bentuk kegagalan kritis dan mengeliminir lebih sungguh-sungguh sebab-sebab kegagalan. Evolusi berikutnya yang diperlukan dari FMECA untuk menggambarkan perubahan-perubahan tersebut dan permasalahan pada bidang-bidang penting lainnya. Secara parsial lembaran kerja *FMECA* diselesaikan dengan suatu orientasi proses sebagaimana yang digambarkan didalam gambar berikut:

Tabel 2.4. Proses FMECA

Sumber: Benjamin S. Blanchard , 1994

Proses FMECA Dari Komponen-Komponen Kritis												
Nama Komponen	**Jenis Kerusakan yang Potensial**	**Penyebab Potensial dari Kerusakan**	**Efek Potensial Kerusakan Terhadap Sebuah Proses**	**Efek Potensial Kerusakan Terhadap Pelanggan**	**Pengendalian**	**Kejadian Jenis Kegagalan**	**Keburukan Terhadap Proses**	**Keburukan Terhadap Pelanggan**	**Deteksi Probabilitas**	***RPN***	**Alternatif Tindakan Pengendalian**	**Tanggapan**
A	Aus	Gesekan	-	-	-	4	4	10	1	160	-	-
B	Aus	Pemakaian	-	-	-	3	4	10	1	120	-	-

Standar militer, MIL-STD-1629A, mengusulkan dua pendekatan berbeda, yaitu pendekatan kualitatif dan yang kedua pendekatan kuantitatif, untuk menekankan kekritisan bentuk kegagalan. Pendekatan kualitatif melibatkan bagaimana melokalisir bentuk kegagalan didalam suatu matrik kritis. Lokasi ini adalah suatu fungsi dari klasifikasi kepelikan.

2.7. Mengontrol *Budget* Perawatan

Mengontrol *budget* perawatan sama saja dengan mengontrol aktivitas perawatan agar tidak melebihi rencana dan *budget* perawatan yang tersedia. Tindakan yang diperlukan untuk mengontrol *budget* perawatan, antara lain: [Fajar Kurniawan, 2013]

a. Bersama-sama menyadari betapa pentingnya mengontrol *budget* perawatan yang direfleksikan ke tindakan
b. Memonitor pengeluaran perawatan dengan lebih teliti.
c. Menyelesaikan problem dan masalah dengan lebih efisien.

2.7.1. Biaya Perawatan Berdasarkan Interval Waktu Perawatan

Melalui perhitungan biaya maka dapat diketahui jumlah biaya yang dikeluarkan untuk perawatan. Manfaat yang diperoleh adalah, manajemen dapat mengetahui dengan pasti biaya yang paling rendah pada periode tertentu, sehingga dapat dilakukan evaluasi. Pengembangan dari masalah ini merupakan asumsi bahwa kebijaksanaan penggantian preventif harus selalu ada dalam interval waktu dengan kerusakan yang terjadi yang terjadi serendah mungkin. Waktu perawatan yang optimal antara kegiatan penggantian preventif, dapat diketahui dengan memilih

interval waktu yang memiliki biaya terendah. Apabila interval waktu yang optimal diperoleh, maka biaya perawatan paling minimum dapat diketahui. [Fajar Kurniawan, 2013]

- Biaya Teknisi Perawatan = Jumlah TK x Ongkos TK per Jam x Waktu Penggantian Pencegahan……(2.2.)

- Biaya Kehilangan Keuntungan = Keuntungan Produksi Per Jam x Waktu Penggantian……...(2.3.)

- Cp = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan + Biaya Kehilangan Keuntungan……(2.4.)

- Cf = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan + Biaya Kehilangan Keuntungan……(2.5.)

[Anthara, I Made, Aryantha. (2000), *Analisa Penentuan Dan Penggantian Jenis-Jenis Komponen Kritis Dengan Menggunakan Model Umur Penggantian Dan Interval Penggantian Yang Dihubungkan Dengan Pengendalian Persediaan Jenis-Jenis Komponen Kritis Pada Gravel Pump Di Workshoop PT. KOBA TIN Bangka*. Teknik Dan Manajemen Industri UNPAS, Bandung]

Dimana : Cp = Biaya pergantian satu item / komponen
Cf = Biaya penggantian kerusakan

2.8. Model Perawatan Pencegahan Dengan Kriteria Minimasi Biaya

Untuk dapat memecahkan permasalahan perawatan pencegahan yang optimal dalam suatu kasus, dilakukan pengembangan model yang mempresentasikan keadaan nyata dari permasalahan. Permasalahan perawatan yang dibahas dalam penelitian ini merupakan suatu permasalahan dimana untuk mencari waktu atau interval terbaik dalam melakukan perawatan pencegahan terhadap fasilitas (mesin/peralatan) dengan menggunakan kriteria minimasi biaya penggantian komponen. A.K.S Jardine (*Maintenance, Replacement, and Reliability*) mengungkapkan bahwa dengan menggunakan kriteria ini maka kita akan

mendapatkan suatu interval waktu yang optimal untuk melakukan perawatan dan pencegahan. Kebijakan dalam melakukan penggantian menunjukkan pencegahan penggantian dari komponen yang sudah mencapai umur t ditambah dengan penggantian kerusakan jika penting. Tujuan dari kriteria ini adalah untuk mengoptimalkan pencegahan penggantian komponen pada fasilitas yang telah mencapai umurnya dengan meminimasi biaya penggantian, sehingga didapat suatu interval waktu perawatan yang optimal dalam melakukan perawatan pencegahan.

Dalam mencari interval waktu perawatan yang optimal dengan menggunakan kriteria minimasi biaya dengan menggunakan rumus berikut :

Biaya pembelian = harga komponen……..……(2.6.)
Biaya teknisi perawatan = Jumlah TK x Ongkos TK per Jam x Waktu penggantian pencegahan……(2.7.)
Biaya teknisi perawatan = Jumlah TK x Ongkos TK per Jam x Waktu penggantian kerusakan……...(2.8.)
Biaya kehilangan keuntungan = Keuntungan Produksi Per Jam x Waktu Penggantian (Cp)……...(2.9.)
Biaya kehilangan keuntungan = Keuntungan Produksi Per Jam x Waktu Kerusakan (Cf)……...(2.10.)
Cp = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan + Biaya Kehilangan Keuntungan…….(2.11.)
Cf = Biaya Pembelian + Biaya Teknisi Perawatan + Biaya Kehilangan Keuntungan…….(2.12.)

Dimana:
C(tp) = Biaya total penggantian dengan penggantian pencegahan dilakukan dalam interval tp

Cp = Biaya untuk penggantian pencegahan
Cf = Biaya untuk penggantian kerusakan
f(t) = Distribusi jarak antar kerusakan mesin

tp = Interval jarak penggantian pencegahan

R(tp) = Probabilitas terjadinya siklus kondisi baik pada saat tp

[Anthara, I Made, Aryantha. (2000), *Analisa Penentuan Dan Penggantian Jenis-Jenis Komponen Kritis Dengan Menggunakan Model Umur Penggantian Dan Interval Penggantian Yang Dihubungkan Dengan Pengendalian Persediaan Jenis-Jenis Komponen Kritis Pada Gravel Pump Di Workshoop PT. KOBA TIN Bangka*. Teknik Dan Manajemen Industri UNPAS, Bandung]

2.9. Fungsi Distribusi *Weibull*

Distribusi weibull adalah suatu distribusi empirik yang terkait dengan sejumlah besar karakteristik kerusakan dari peralatan. Distribusi weibull merupakan salah satu bentuk distribusi yang sering dipergunakan untuk menguraikan waktu antar kerusakan yang disebabkan oleh adanya fatigue dari peralatan, khususnya peralatan mekanik.

Distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan, karena distribusi *weibull* dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (*early failure*), periode normal dan periode pengausan (*wear out*).

Periode tersebut tergantung dari nilai parameter bentuk fungsi distribusi *weibull*. Distribusi *weibull* mempunyai laju kerusakan menurun untuk β <1, laju kerusakan konstan untuk β =1 dan laju kerusakan naik untuk β >1.

Adapun langkah-langkah perhitungan untuk menentukan nilai-nilai paramter distribusi *weibull* dua parameter adalah sebgai berikut:

a. Untuk menaksir parameter α dan parameter β, dapat dilakukan dengan cara pendekatan Linear Regresi. Misalkan t_1, t_2, t_3,....,t_n adalah sejumlah data waktu antar kerusakan sistem yang telah disusun menurut urutan terkecil, untuk setiap t_i (i = 1, 2, 3,.....n) berlaku hubungan berikut:

$$R(Ti)^{-1} = \frac{(n+0.4)}{(n-i+0.7)} \quad \text{.....(2.13.)}$$

Dimana : *i* adalah urutan untuk nilai *t*, dan *n* adalah jumlah populasi *t*

$X_i = \ln (\ln R (Ti)^{-1})$.....(2.14.)

$$Y_i = \ln\left[\ln \frac{1}{1-F(t_i)}\right]$$.....(2.15.)

Xi.Yi.....(2.16.)

Xi^2.....(2.17.)

b. Setelah itu dengan menggunkan metode *Least Square,* nilai konstanta α dan β dapat diperoleh sebagai berikut:

$$b = \frac{N\sum X_i.Y_i - \left(\sum X_i\right)\left(\sum Y_i\right)}{N\left(\sum X_i^2\right) - \left(\sum X_i\right)^2}$$ .....(2.18.)

$$a = \frac{\sum Y_i}{N} - b\frac{\sum X_i}{N}$$.....(2.19.)

c. Dengan diketahui nilai kedua konstanta a dan b, maka parameter distribusi *weibull* dapat ditentukan yaitu:

α = *exp* a.....(2.20.)

$\beta = \frac{1}{b}$.....(2.21.)

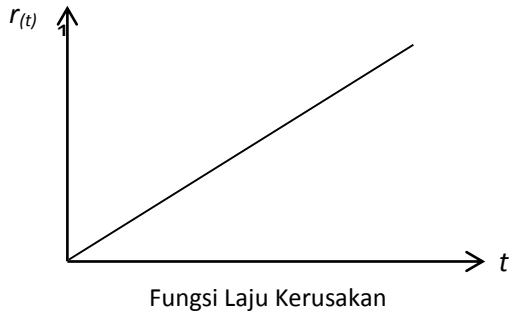
d. Dengan metode diatas yang digabungkan dengan metode pengujian distribusi kerusakan maka akan didapat nilai parameter fungsi kerusakan.

Setelah diketahui nilia-nilai paramter distribusinya, maka perhitungan fungsi distribusi dan ongkos perawatan akan diketahui, kemudian akan didapatkan interval waktu yang optimum untuk melakukan perawatan dan penggantian pencegahan dengan minimasi ongkos yang terjadi.

Fungsi laju kerusaknnya adalah:

$$r(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$ ..... (2.22.)

Pola kurva dari masing-masing fungsi pada distribusi *weibull* mendekati bentuk pola pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4. Pola Kurva Fungsi Distribusi *Weibull*

e. Perhitungan C(tp) Model Interval Pergantian Komponen

$R(t) = exp(-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}$ ……(2.23.)

Cp R(t) ……..…...…(2.24.)

Cf(1-R(t) ……..…...…(2.25.)

(t + Tp)R(t) ……...…...…(2.26.)

$\int t.(1\text{-}R(t)) = exp(-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}$ (t - 1) ……....…(2.27.)

Tf(1-R(t)) ……..……...…(2.28.)

$C(tp) = \frac{Cp.R(t)+Cf.(1-R(t))}{(tp+Tp).R(t)+ \int_0^{tp} t.f(t).dt+Tf.\ [1-R(t)]}$ …….……...…(2.29.)

[Anthara, I Made, Aryantha. (2000), *Analisa Penentuan Dan Penggantian Jenis-Jenis Komponen Kritis Dengan Menggunakan Model Umur Penggantian Dan Interval Penggantian Yang Dihubungkan Dengan Pengendalian Persediaan Jenis-Jenis Komponen Kritis Pada Gravel Pump Di Workshoop PT. KOBA TIN Bangka*. Teknik Dan Manajemen Industri UNPAS, Bandung]