Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Perawatan (*Maintenance*)

2.1.1. Definisi Perawatan dan Tujuan Perawatan

Perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktifitas yang diperlukan untk menjaga atau mempertahankan kualitas dari peralatan agar dapat berfungsi dengan baik sebagaimana dengan kondisi sebelumnya (Supandi, 1999: 25-26). Hal tersebut dapat dicapai dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya serta dengan memperhatikan kriteria minimasi ongkos. Peranan perawatan baru akan sangat terasa apabila sistem mulai mengalami gangguan atau tidak dapat dioperasikan lagi. Masalah perawatan ini sering diabaikan karena suatu alasan mahal atau banyaknya ongkos yang dikeluarkan dalam pelaksanaannya, padahal apabila dibandingkan dengan kerugian waktu menganggur akibat adanya suatu kerusakan mesin jauh lebih besar dari pada ongkos perawatan dan baru akan dirasakan apabila sistem mulai mengalami gangguan dalam pengoperasiannya, sehingga kelancaran dan kesinambungan produksi akan terganggu.

Selain itu juga perawatan merupakan suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang ditujukan untuk mempertahankan suatu sistem tersebut pada kondisi yang dikehendaki (Mustafa, 1993). Masalah perawatan mempunyai kaitan yang sangat erat dengan tindakan pencegahan kerusakan (*preventive*) dan perbaikan kerusakan (*corrective*). Tindakan tersebut dapat berupa:

1. *Inspection* (Pemeriksaan)

   Yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem atau mesin untuk mengetahui apakah sistem berada pada kondisi yang diinginkan.

2. *Service* (Servis)

   Yaitu tindakan yang bertujuan untuk menjaga kondisi suatu sistem yang biasanya telah diatur dalam buku petunjuk pemakaian sistem.

3. *Replacement* (Pergantian Komponen)

   Yaitu tindakan pergantian komponen yang dianggap rusak atau tidak memenuhi kondisi yang diinginkan. Tindakan penggantian ini mungkin dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan pencegahan terlebih dahulu.
4. *Repair* (Perbaikan)

   Yaitu tindakan perbaikan *minor* yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil.
5. *Overhaul*

   Yaitu tindakan perubahan besar-besaran yang biasanya dilakukan di akhir periode tertentu.

Pentingnya perawatan baru disadari setelah mesin produksi yang digunakan mengalami kerusakan atau terjadi kerusakan yang sifatnya parah. Mesin yang terjadwal atau teratur dapat menjamin kelangsungan atau kelancaran proses produksi pada saat aktivitas produksi sedang berjalan dapat dihindari. Pada umumnya, perawatan yang dilakukan memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Memungkinkan tercapainya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayan dan pengoperasian peralatan secara tepat.
2. Mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan pada saat mesin sedang beroperasi.
3. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem.
4. Memelihara peralatan-peralatan dengan benar sehingga mesin atau peralatan selalu berada pada kondisi tetap siap untuk operasi.
5. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan *service* dan perbaikan.
6. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.
7. Memaksimalkan produksi dan sumber-sumber sistem yang ada.
8. Menyiapkan personil, fasilitas dan metodenya agar mampu mengerjakan tugas-tugas perawatan.

2.1.2. Kebijakan Perawatan

Aktivitas dalam perawatan pada umumnya diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*.

2.1.2.1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive maintenance merupakan 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 4 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

   Kebijakan penelitian dilakukan karena 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

   Kebijakan penggantian tidak lagi berdasarkan 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 merupakan perawatan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan kondisi yang berlangsung 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 memerlukan pemulihan ke tingkat semula. Hal ini dilakukan dengan memonitoring kondisi operasi peralatan berdasarkan data-data dan informasi.

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 ini 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.

2.1.2.2. Perawatan Perbaikan (*Corrective Maintenance*)

Kegiatan perbaikan adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau sistem tidak dapat berfungsi dengan baik. 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.

2.1.3. Jenis-jenis Tindakan Perawatan

Perawatan dapat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya: (M. Agus Mustofa, 1997 : 22-24)

1. Berdasakan Tingkat Perawatan

   Penentuan tingkat perawatan pada dasarnya berpedoman pada lingkup/bobot pekerjaan yang meliputi kerumitan, macam-macam dukungan serta waktu yang diperlukan untuk pelaksanaannya. Tiga tingkatan dalam perawatan sistem, yaitu:

   a. Perawatan Tingkat Ringan

      Bersifat *preventive* yang dilaksanakan untuk mempertahankan sistem dalam keadaan siap operasi dengan cara sistematis dan periodik memberikan inspeksi, deteksi dan pencegahan awal. Menggunakan peralatan pendukung perawatan secukupnya serta personil dengan kemampuan yang tidak memerlukan tingkat spesialisasi tinggi. Kegiatannya antara lain menyiapkan sistem *servicing,* perbaikan ringan.

   b. Perawatan Tingkat Sedang

      Bersifat *corrective*, dilaksanakan untuk mengembalikan dan memulihkan sistem dalam keadaan siap dengan memberikan perbaikan atas kerusakan yang telah menyebabkan merosotnya tingkat keandalan. Untuk melaksanakan pekerjaan tersebut didukung dengan peralatan serta fasilitas bengkel yang cukup lengkap. Kegiatannya meliputi:

      - Pemeriksaan berkala/periodik bagi sistem.
      - Inspeksi terbatas terhadap komponen sistem
      - Perbaikan terbatas pada *parts, assemblies, sub assemblies* dan komponen.
      - Modifikasi material seperti ditentukan sesuai dengan kemampuan perbengkelan.
      - Perbaikan dan pengetesan mesin.
      - Pembuatan/produksi perlengkapan/*parts*.

- *Test* dan kalibrasi/pengukuran.
- Pencegahan dan pengendalian korosi.

c. Perawatan Tingkat Berat

Bersifat *restoratif* dilaksanakan pada sistem yang memerlukan *major overhaul* atau suatu pembangunan lengkap yang meliputi *assembling*, membuat suku cadang, modifikasi, *testing* serta reklamasi sesuai keperluannya. Perawatan tingkat berat meliputi pekerjaan yang luas dan itensif atas suatu sistem. Pekerjaan tersebut mencakup pulih balik, perbaikan yang rumit yang memerlukan pembongkaran total, perbaikan, pemasangan kembali, pengujian serta pencegahan dukungan peralatan serta fasilitas kerja lengkap dan tingkat keahlian personil yang cukup tinggi serta waktu yang relatif lama. Perawatan tingkat berat dikerjakan di bagian yang berat. Tujuan perawatan berat adalah menjamin keutuhan fungsi struktur sistem dan sistemnya dengan menyelenggarakan pemeriksaan mendalam terhadap *item/sub item* dan bagian rangka sistem tertentu pada *interval* yang telah ditetapkan.

2. Berdasarkan Periode Pelaksanaannya
   a. Perawatan terjadwal (*Schedule maintenance*): Perawatan yang telah memiliki jadwal dalam periode tertentu untuk melakukan pemeriksaan terhadap mesin atau sistem, perawatan ini tetap dilakukan baik ada ataupun tidak ada kerusakan pada mesin.
   b. Perawatan tidak terjadwal (*Unschedule maintenance*): Perawatan yang hanya dilakukan jika tidak terjadi kerusakan maka perawatan tidak dilakukan.
3. Berdasarkan Dukungan Dananya
   a. Terprogram (*Planned maintenance*): Perawatan yang telah memiliki program tersendiri, maka dari itu perawatan ini memiliki teknisi, peralatan dan anggaran tersendiri untuk melakukan perbaikan.
   b. Tidak terprogram (*Unplanned maintenance*): Tidak memiliki anggaran tersendiri untuk melakukan perawatan terhadap mesin atau sistem yang

mengalami kerusakan, maka biaya yang dikeluarkan berasal dari anggaran biaya tak terduga.

4. Berdasarkan Tempat Pelaksanaan Perawatan

   Untuk melaksanakan kegiatan perawatan diperlukan adanya suatu tempat perawatan yang disesuaikan dengan macam/beban kerja yang dihadapi yang dilengkapi dengan peralatan-peralatan yang memenuhi persyaratan tertentu, berharga mahal, sehingga pendayagunaannya perlu dilakukan secara efektif dan efisien.

Oleh karena itu untuk mencegah terjadinya duplikasi kemampuan, maka peralatan disentralisasikan penempatannya di unit-unit perawatan sesuai tempat dan macam perawatan yang dilakukan.

2.1.4. Elemen-Elemen Yang Berpengaruh Terhadap Perawatan

Dalam melakukan perawatan terhadap suatu sistem atau peralatan/mesin, terdapat beberapa elemen yang harus diperhatikan.

2.1.4.1. Elemen Waktu Dalam Pemeliharaan

Dalam kegiatan produksi terdapat berbagai elemen waktu yang dapat dibedakan masing-masing sebagai berikut:

1. Waktu Operasi (*Up Time*) : Waktu dimana mesin berfungsi dengan baik dan dipergunakan oleh sistem untuk melakukan kegiatan.
2. Waktu Tunggu (*Delay Time*) : Waktu dimana mesin berfungsi dengan baik tetapi tidak digunakan oleh sistem.
3. Waktu Rintangan (*Down Time*) : Waktu dimana sistem tidak dapat digunakan akibat adanya kerusakan yang terjadi, waktu ini dapat dibagi menjadi:
   a. *Downtime* akibat penggantian pencegahan:
      - Waktu pembongkaran.
      - Waktu menyiapkan komponen.
      - Waktu pemasangan.
   b. *Downtime* akibat penggantian kerusakan

- Waktu membawa peralatan ke bengkel.
- Waktu pembongkaran.
- Waktu menemukan kerusakan.
- Waktu menunggu komponen pengganti.
- Waktu pemasangan komponen.
- Waktu pengujian.

2.1.4.2. Elemen Ongkos Dalam Pemeliharaan

Ongkos pemeliharaan dapat berupa ongkos langsung maupun tidak langsung.

1. Ongkos langsung, meliputi:
   - Ongkos tenaga kerja pemeliharaan.
   - Ongkos pembelian komponen penggantian.
2. Ongkos tidak langsung, meliputi:
   - Ongkos tenaga kerja produksi yang mengganggur.
   - Ongkos depresiasi mesin.
   - Ongkos akibat keuntungan yang hilang.
   - Ongkos depresiasi peralatan pemeliharaan.
   - Ongkos administrasi.

2.1.5. Ongkos-ongkos Dalam Perawatan

Ada tiga kelompok utama variabel keputusan yang mempengaruhi model matematik perawatan pemeriksaan yaitu distribusi selang waktu kerusakan, ongkos akibat kerusakan dan ongkos kegiatan pemeriksaan.

2.1.5.1. Distribusi Selang Waktu Kerusakan

Distribusi selang waktu kerusakan digunakan untuk mendapatkan nilai kemungkinan terjadinya kerusakan pada suatu waktu tertentu (fungsi kegagalan) dan nilai kemungkinan mesin dari beroperasi sampai waktu tertentu (fungsi keandalan).

Suatu hal yang didapat dari distribusi selang waktu kerusakan adalah perilaku sistem dari suatu keadaan ke keadaan lainnya. Dan ini bermanfaat dalam

pemilihan kebijakan perawatan dan ongkos perbaikan serta mempengaruhi ekspektasi panjang siklus kerusakan

2.1.5.2. Ongkos Akibat Terjadinya Kerusakan

Ongkos akibat kerusakan merupakan bagian ongkos yang muncul akibat terjadinya kerusakan di luar rencana manajemen perawatan atau kerusakan tersebut terjadi secara tiba-tiba. Akibat terjadinya kerusakan tidak termasuk dalam jadwal perawatan maka kejadian ini akan mempengaruhi kegiatan produksi pada mesin produksi terkait, yaitu terhentinya proses produksi bukan pada jadwal yang telah ditetapkan.

Kelompok ongkos yang muncul akibat terjadinya kerusakan adalah sebagai berikut:

a. Ongkos memperbaiki kerusakan

Disaat terjadinya kerusakan dan dilakukan tindakan perbaikan, sebetulnya ada tiga macam ongkos yang muncul akibat kerusakan itu, yaitu ongkos tenaga kerja perawatan (perbaikan), ongkos material dan ongkos depresiasi peralatan.

b. Ongkos menganggur akibat kerusakan

Terdiri dari ongkos tenaga kerja yang mengganggur akibat kerusakan ditambah hilangnya keuntungan selama terjadinya kerusakan (*Opportunity Cost*)

2.1.5.3. Ongkos Aktivitas Perawatan Pemeriksaan

Ongkos aktivitas perawatan pemeriksaan merupakan bagian dari ongkos kebijakan perawatan *preventive*. Dimana ongkos yang muncul dalam kegiatan pemeriksaan dibebankan pada ongkos tenaga kerja perawatan.

2.1.6. Kaidah Perawatan

Kaidah perawatan merupakan patokan dalam melaksanakan kegiatan perawatan, yaitu sebagai bahan untuk melakukan analisa awal terhadap mesin atau sistem yang akan dirawat. Patokan-patokan tersebut meliputi patokan tentang apa yang dimaksud dengan perawatan mesin, kelayakan sistem, kemampuan operasional,

kesiapan sistem (*Availability*), keandalan sistem (*Reliability*) dan penggunaan sumber daya.

1. Perawatan Sistem

   Perawatan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjamin agar sistem selalu dalam keadaan siap pakai (*Serviceable*) atau memulihkan kembali kondisi sistem ke dalam kondisi siap pakai.

2. Kelayakan Sistem

   Kelayakan sistem adalah kemampuan terancang pada suatu sistem untuk melaksanakan fungsinya secara aman dan dalam batas-batas kondisi operasional yang telah ditetapkan, ditentukan oleh besaran konfigurasi, standar kontruksi, spesifikasi performansi dan spesifikasi teknis.

3. Kemampuan Operasional

   Kemampuan operasional adalah kemampuan yang dimiliki oleh mesin/sistem untuk melakukan bermacam-macam operasi sesuai dengan yang diharapkan atau diperlukan.

4. Ketersediaan (*Availability*)

   Ketersediaan (*availability*) adalah keadaan siap suatu mesin/peralatan baik dalam jumlah (kuantitas) maupun kualitas sesuai dengan kebutuhan yang digunakan untuk melaksanakan proses operasi. Ketersediaan (*availability*) tersebut dapat digunakan untuk menilai keberhasilan atau efektifitas dari kegiatan perawatan yang telah dilakukan.

5. Keandalan (*Reliability*)

   Keandalan (*reliability*) adalah kemungkinan suatu sistem atau peralatan mampu melaksanakan misi atau fungsi tertentu pada kondisi tertentu tanpa adanya kegagalan.

6. Penggunaan Sumber Daya

   Kriteria efisiensi erat kaitannya dengan penggunaan sumber daya seefisien mungkin, sehingga setiap kegiatan perawatan yang tidak menimbulkan dampak positif baik terhadap kesiapan sistem maupun kesiapan operasional yang dinilai tidak efisien harus dihindari atau bahkan dikurangi seminimal mungkin.

2.1.7. Fungsi Inspeksi Dalam Perawatan

Tenaga kerja atau karyawan yang melakukan kegiatan pemeriksaan (inspeksi) bertanggungjawab untuk membuat keputusan pelaksanaan berbagai jenis kegiatan yang harus dilakukan menyangkut semua peralatan dan fasilitas yang ada di perusahaan.

Tujuan dari kegiatan inspeksi adalah:

1. Menjamin tercapainya efisiensi dalam produksi.
2. Menentukan kebijaksanaan terhadap peralatan yang digunakan sehingga utilitas mesin dapat meningkat.
3. Menentukan kemungkinan-kemungkinan kapan peralatan akan di reparasi atau di *overhaul*.
4. Mengurangi tingkat kerusakan mesin atau peralatan.

Filosofi dalam menghitung frekuensi atau interval pemerikasaan adalah maksimasi proporsi waktu sehingga mesin/peralatan/sistem selalu berada dalam kondisi yang baik dan siap pakai yaitu dengan mengoptimalisasi ketersediaan (*availability*) sistem untuk beroperasi.

2.2. Analisis Perancangan dan Evaluasi Komponen

2.2.1. Keandalan *(Reliability)*

Keandalan adalah suatu penerapan perancangan pada komponen sehingga komponen dapat melaksanakan fungsinya dengan baik, tanpa kegagalan, sesuai rancangan atau proses yang dibuat. Keandalan merupakan probabilitas bahwa suatu sistem mempunyai performansi sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam selang waktu dan kondisi operasi tertentu. Secara umum keandalan merupakan ukuran kemampuan suatu komponen beroperasi secara terus menerus tanpa adanya kerusakan, tindakan perawatan pencegahan yang dilakukan dapat meningkatkan keandalan sistem.

Fokus utama dari perancangan sistem keandalan adalah karakteristik kekuatan tekanan komponen. Bagian-bagian komponen dirancang dan dihasilkan untuk

bekerja dengan cara yang spesifik ketika beroperasi dibawah kondisi normal. Jika kekuatan ditambahkan akan memaksakan beban elektrik, karena berhubungan dengan variasi, getaran, goncangan, kelembaban dan semacamnya, kemudian kegagalan yang tak terduga akan terjadi dan sistem keandalan menjadi kurang diantisipasi. Selain itu juga, jika komponen digunakan melewati batas normal maka kelelahan akan terjadi, komponen yang gagal akan menjadi lebih banyak dari yang diharapkan. Bagaimanapun juga kondisi-kondisi tekanan akan mengakibatkan penurunan keandalan, menyebabkan peningkatan kebutuhan pememliharaan dan dibawah kondisi tekanan akan menimbulkan biaya yang mahal sebagai hasil atas kelebihan perancangan.

Analisis kekuatan tekanan sering digunakan untuk mengevaluasi probabilitas dari pengidentifikasikan situasi dimana nilai dari tekanan terlalu besar atau kekuatan lebih kecil dari pada nilai normal. Seperti analisis pemenuhan yang ditunjukkan oleh langkah-langkah berikut:

1. Untuk menyeleksi komponen, menentukan nominal penekanan seperti fungsi beban temperatur/ suhu, getaran, guncangan, perlengkapan fisik, waktu dan lainnya.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat tekanan maksimum, seperti faktor penekanan konsentrasi, faktor beban statis dan dinamis, penekanan terhadap hasil pabrikasi dan perlakuan panas, faktor penekanan lingkungan dan lainnya.
3. Mengidentifikasi penekanan komponen kritis dan mengkalkulasi arti setiap penekanan kritis yang dapat direnggangkan secara maksimal dan menghilangkan penekanannya.
4. Menentukan distribusi penekanan kritis untuk masa penggunaan komponen yang sudah ditetapkan. Menganalisa parameter distribusi dan mengidentifikasi batas keamanan. Mengaplikasikan distribusi dengan asumsi distribusi normal, poisson, gamma, log normal dan lainnya.

5. Untuk setiap komponen kritis perancangan batas keamanan tidak cukup, tindakan korektif juga harus dilakukan, ini akan sesuai dengan isi setiap komponen bagian pengganti, beberapa pemborosan yang harus bertambah atau melengkapi perancangan unsur sistem yang menjadi masalah.

Model komputerisasi keandalan dapat digunakan untuk memfasilitasi pemenuhan analisis kekuatan tekanan. Perbedaan faktor keandalan atau batasan faktor dengan distribusi yang lebih spesifik dapat diterapkan pada beberapa elemen diagram blok keandalan. Penyebab dan dampaknya dievaluasi dan rata-rata kerusakan masing-masing komponen dapat disesuaikan untuk mencerminkan efek dari tekanan komponen yang terlibat.

Model keandalan dengan perbaikan sempurna digunakan untuk alokasi kebutuhan awal, konduktansi dari analisis tekanan, prediksi keandalan dan penilaian terakhir untuk memberikan konfigurasi sistem. Hasil dari beberapa aktivitas menyediakan kunci masuk yang diperlukan untuk sebuah perancangan pemeliharaan. Hasil dari alokasi keandalan digunakan dalam pemenuhan alokasi pemeliharaan penekanan. Analisis kekuatan dapat membantu beberapa titik keburukan atau ancaman dalam sistem, dimana penekanan yang lebih besar membutuhkan terminologi dari pemeliharaan dan dukungan.

2.2.2. *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* (FMECA)

Jenis kerusakan, efek dan analisa kekritisan (FMECA) adalah teknik perancangan sistematis untuk mengidentifikasi dan menginvestasi sistem yang berpotensial (produk/ proses) buruk, ini sejalan dengan metodologi untuk langkah-langkah pengujian dimana sistem kerusakan bisa terjadi. Efek potensial dari sistem performansi dan keamanan dari kerusakan dan efek serius lainnya. FMECA terdiri dari dua analisis yang berbeda, yaitu jenis kerusakan dan analisis dampak (FMEA), dimana semuanya diperluas untuk menganalisa jenis kerusakan kritis, disebut analisis kekritisan (CA). Diatas keuntungan nyata lain dari tindakan pengidentifikasi atau mengubah eliminasi atau mengurangi kesempatan dari kerusakan.

FMECA juga meningkatkan pengetahuan terhadap sebuah sistem dan meningkatkan persedian kedalam perilaku yang diharapkan, keluaran dari FMECA dilakukan pada waktu yang tepat yang berasal dari masukan yang tidak ternilai untuk meningkatkan biaya program pemeliharaan preventive yang efektif dan pekerjaan yang terfokus pada rencana pengendalian.

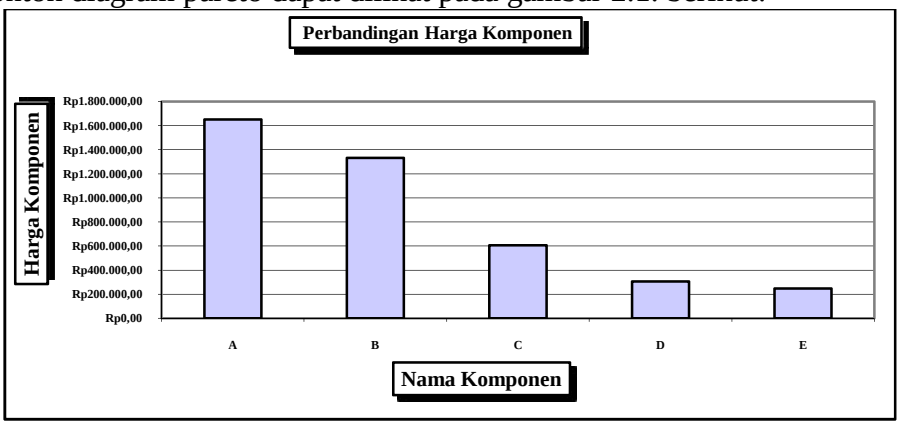
FMECA dimulai dengan tahap konseptual dan persiapan, desain ketika sistem tersebut dianalisa lebih dari suatu perspektif fungsional. Untuk memaksimalkan efektivitas, bagaimanapun analisa perlu meningkatkan setiap informasi tambahan yang tersedia untuk sebuah analisa, itu juga mencerminkan semua perubahan desain dan dampaknya pada keseluruhan sistem. Disamping itu dan sebagai tambahan, keuntungan atau manfaat semakin jelas dengan FMECA, itu dapat membuat kontribusi yang penting terhadap studi kelayakan sistem sepanjang tahap persiapan desain dan penggambaran masalah fungsional.

Adapun langkah-langkah dalam melaksanakan FMECA adalah sebagai berikut:

1. Penggambaran kebutuhan sistem (produk/ proses), untuk beberapa produk atau proses itu sangat penting tidak hanya untuk tujuan keinginan tetapi juga ketidakinginan terhadap hasil atau keluaran, apa yang harus dipenuhi oleh produk/ proses, pada akhirnya kebutuhan tersebut akan kembali meninggalkan jejak yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi dan kebutuhan pelanggan, semua performansi dan faktor efektivitas dibutuhkan untuk memenuhi tujuan tersebut.
2. Pemenuhan analisis fungsional, ini melibatkan pendefinisian sistem pada fungsi terminologi. Sistem fungsional biasanya menggunakan simbol yang representatif seperti diagram alir fungsional. Fungsi sistem representatif dilengkapi dengan kumpulan format data diagram alir seperti *N-Squared Chart*, untuk sedikit meningkatkan sistem dari setiap karakteristik/ prilaku.
3. Pemenuhan alokasi kebutuhan, ini adalah naik turunnya kerusakan sistem ukuran kebutuhan untuk beberapa kesatuan fungsional (produk/ proses) dalam sistem hierarki fungsional. Ini sangat penting untuk mengidentifikasikan

pencapaian performansi, efektivitas, masukan atau keluaran, keseluruhan keluaran, kecepatan dan faktor lain untuk masing-masing blok fungsional.

Contoh diagram pareto dapat dilihat pada gambar 2.1. berikut:



Gambar 2.1. Diagram Pareto
Sumber: Gaga Gandana, 2002

Diagram pareto adalah suatu diagram berupa jenjang (tangga) yang mempunyai fungsi untuk menentukan dan melihat perbedaan tingkat prioritas dari beraneka masalah yang akan dipecahkan. Dengan memakai diagram pareto dapat terlihat masalah mana yang dominan dan tentunya kita dapat mengetahui prioritas penyelesaian masalahnya, yang menjadi kriteria dan pertimbangan dalam menentukan diagram pareto ini adalah frekuensi kerusakan, ongkos perbaikan, total ongkos perawatan dan harga komponen yang diganti

Adapun fungsi dari diagram pareto ini adalah:

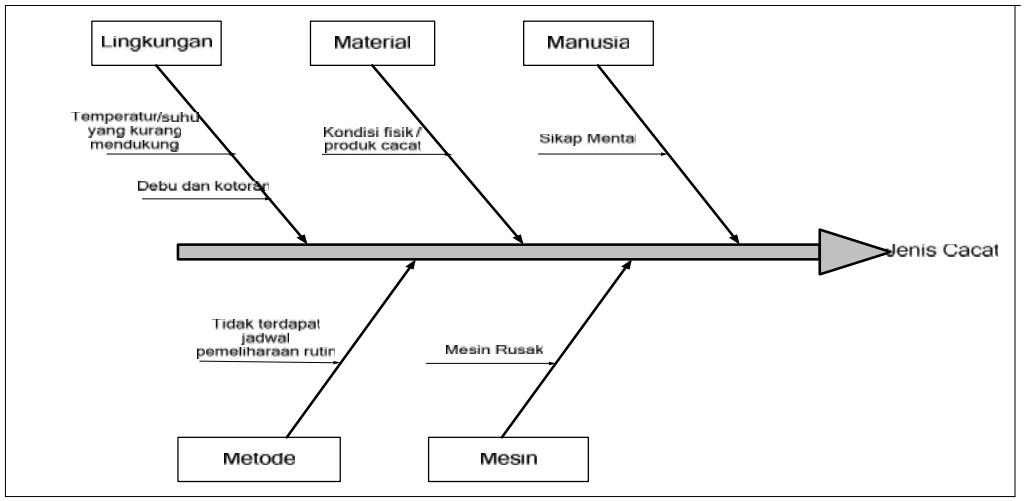
- Menunjukkan masalah utama yang dominan.
- Menyatakan perbandingan masing-masing persoalan terhadap keseluruhan masalah.
- Menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan perbaikan pada daerah yang terbatas.
- Menunjukkan perbandingan masing-masing persoalan sebelum dan sesudah perbaikan.
- Memberikan informasi secara grafis, dimana informasi itu akan lebih efisien dan efektif serta lebih mudah dipahami, karena prioritas dari suatu permasalahan akan jelas.

- Memudahkan penelitian serta melihat pencapaiannya sebelum dan sesudah pelaksanaan penanggulangan.

4. Mengidentifikasikan jenis kerusakan, pada konteks analisis ini, jenis kerusakan mempunyai arti dimana sistem dari sebuah elemen gagal untuk memenuhi fungsinya. Sebagai contoh; gagal membuka atau menyalakan sebuah mesin.

5. Menentukan penyebab dari kerusakan, analisis ini melibatkan seluruh proses atau produk yang dibutuhkan untuk membatasi penyebab dari kerusakan pada umumnya. Kelompok pemenuhan melaksanakan FMECA untuk memfasilitasi proses identifikasi dari kumpulan penyebab yang potensial lainnya. Ketika pengalaman dengan sistem serupa memiliki keterbatasan yang lebih untuk memenuhi langkah-langkah pada proses analisis, teknik seperti diagram sebab dan akibat ishikawa juga dikenal dengan diagram tulang ikan, bisa membuktikan efektivitas yang tinggi untuk menggambarkan penyebab potensial untuk setiap kerusakan.

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



Gambar 2.3. Diagram Sebab Akibat

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

Langkah-langkah dalam pembuatan diagram *fishbone* 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-faktor yang menyebabkan kerusakan secara terperinci pada masing-masing cabang sehingga berbentuk ranting-ranting cabang.

6. Menentukan efek dari kerusakan. Dampak kegagalan sering terjadi dalam beberapa cara, efektivitas dan pencapaian tidak hanya berhubungan dengan unsur fungsional, tapi juga keseluruhan sistem, ketika melaksanakan FMECA sangat penting untuk mempertimbangkan efek kegagalan pada level tinggi berikutnya, mengukur kesatuan fungsional bersamaan dengan dampak pada keseluruhan sistem. Pada posisi lain, ketika menganalisa suatu proses, sangat penting untuk menunjukkan kegagalan yang mempengaruhi sebuah proses.
7. Menilai keburukan dari jenis kerusakan. Pada konteks analisis ini berhubungan dengan efek atau akibat yang serius terhadap jenis kerusakan pada umunya. Mengidentifikasi pendeteksi kerusakan yang berarti, pada kontek ini, sebuah proses dengan orientasi FMECA, menunjuk pada pengendalian aliran proses yang bisa mendeteksi terjadinya kegagalan atau cacat. Bagaimanapun, ketika FMECA terfokus pada perancangan ini menunjukkan pada eksistensi dari beberapa jenis perancangan, bantuan, ukuran, pembacaan atau prosedur verifikasi yang akan mendeteksi hasil dari jenis kerusakan yang potensial. Pada standar pengukuran MIL-STD-1629A. Tujuan dari pengklasifikasian efek kerusakan dapat dibagi menjadi 4 jenis kerusakan, yaitu:
    a. Akibat Kecelakaan: Sebuah kerusakan yang dapat mengakibatkan hilangnya sebuah kehidupan pribadi dan kerugian terhadap suatu sistem yang lengkap.

b. Kritis: Kerusakan yang berpotensial menyebabkan kerugian yang serius dan sistem kerusakan yang signifikan dan kehilangan dari sistem fungsional.
c. *Marginal*: Kerusakan yang bisa menyebabkan kerugian personil, sistem kerusakan dan degradasi sistem fungsional.
d. *Minor*: Kerusakan yang tidak cukup menyebabkan kerugian secara personil atau sistem, tetapi menghasilkan kebutuhan terhadap beberapa pemeliharaan korektif.

Tabel 2.1. Tingkat Keburukan Jenis Kerusakan, Frekuensi dan Deteksi Probabilitas
Sumber: Benjamin S. Blanchard , 1994

a. Efek Buruk	**Tingkat**
***Minor*/ Sangat rendah**; Tidak Memberikan alasan bahwa harapan terhadap alam sebagai pelengkap ini mempunyai banyak efek pada sistem performansi. Pelanggan mungkin saja tidak menerima kegagalan.	1 2
***Low*/ Rendah**; Tingkat keburukan rendah untuk penyebab kerusakan alam, hanya melalaikan ganguan pelanggan. Pelanggan mungkin hanya sedikit melihat keburukan pada sistem performansi.	3 4
***Moderate*/ Sedang**; Penyebab kerusakan adalah ketidak puasan pelanggan. Pelanggan membuat ketidak nyamanan/ gangguan terhadap kerusakan pelanggan akan melihat keburukan pada sub-sistem performansi.	5 6
***High*/ Tinggi**; Tinggi berarti ketidakpuasaan pelanggan terhadap kerusakan seperti sistem yang tidak bisa dioperasikan, bagaimana tidak, keamanan sistem dilanggar atau gagal memenuhi sesuatu sesuai dengan peraturan pemerintah.	7 8
***Very high*/ Sangat tinggi**; Tingkat keburukan ketika jenis kerusakan yang potensial mempengaruhi keamanan fungsi sistem atau penyebab kegagalan memenuhi sesuatu sesuai peraturan pemerintah	9 10

b. Frekuensi Kejadian Jenis Kegagalan	**Tingkat**	**Probabilitas Kerusakan**
***Remote*/ Sangat rendah**; Kerusakan yang tidak disukai	1	<1 in 10^6
***Low*/ Rendah**; Sedikit kerusakan yang relatif	2 3	1 in 20.000 1 in 4.000
***Moderate*/ Sedang**; Kerusakan sesekali	4 5 6	1 in 1.000 1 in 400 1 in 80
***High*/ Tinggi**; Kerusakan berulang	7 8	1 in 40 1 in 20
***Very high*/ Sangat tinggi**; Kerusakan yang hampir tidak bisa diacuhkan/ dibiarkan	9 10	1 in 8 1 in 2

c. Deteksi Probabilitas	Tingkat
***Very high*/ Sangat tinggi**; Perancangan verifikasi atau arus proses pengendalian hampir mendeteksi jenis kerusakan yang potensial secara pasti	1 2
***High*/ Tinggi**; DV atau PCs sekarang mempunyai kesempatan yang baik untuk mendeteksi jenis kerusakan yang potensial	3 4
***Moderate*/ Sedang**; DV atau PCs sekarang dapat mendeteksi jenis kerusakan yang potensial.	5 6
***Low*/ Rendah**; DV atau PCs sekarang tidak menyukai/ memilih jenis kerusakan yang potensial.	7 8
Very low; DV atau PCs sekarang mungkin tidak akan mendeteksi Jenis Kerusakan yang Potensial.	9
Absolute certainty of nondetection; Kepastian bukan pendeteksi yang mutlak DV atau PCs sekarang tidak bisa mendeteksi jenis kerusakan yang potensial.	10

8. Menilai frekuensi dari jenis kerusakan, ini memberikan fungsi atau komponen fisik dimana sebuah sistem yang sering mengalami kerusakan. Langkah ini ditujukan pada frekuensi jenis kerusakan secara individual. Pada dasarnya jumlah dari frekuensi untuk sebuah elemen sistem harus sebanding dengan nilai kerusakannya. Pendekatan kualitatif hanya merekomendasikan kerusakan yang spesifik. Tabel berikut menjelaskan peringkat kualitatif terhadap kerusakan, jenis kerusakan FMECA, sebagai performansi dimana sebuah industri otomotif meningkatkan peringkat frekuensi jenis kerusakan pada skala 1-10.

Tabel 2.2. Tingkat Kualitatif Probabilitas Kerusakan
Sumber: Benjamin S. Blanchard , 1994

Tingkat	Nama dan Penjelasan
A	*Frequent/ sering;* Probabilitas yang tinggi dari suatu kejadian masing-masing operasi komponen. Probabilitas tinggi dapat berarti sebagai probabilitas jenis kerusakan yang lebih besar dari 0,20 dari keseluruhan probabilitas kerusakan komponen.
B	*Reasonably;* Probabilitas tingkat sedang dari suatu kejadian masing-masing operasi, kemungkinan pada konteks ini berarti probabilitas jenis kerusakan satu komponen lebih dari 0,10 tapi kurang dari 0,20 dari keseluruhan probabilitas kerusakan komponen.
C	*Occasional*; Probabilitas kejadian dari masing-masing operasi komponen berarti probabilitas jenis kerusakan tunggal lebih dari 0,01 dari keseluruhan probabilitas masing-masing jenis kerusakan.
D	*Romote;* Probabilitas yang tidak disukai dari suatu kejadian masing-masing operasi komponen probabilitas ini berarti probabilitas jenis kerusakan tunggal lebih dari 0,001 tapi lebih rendah dari 0,01 dari keseluruhan probabilitas dari kerusakan komponen.
E	*Extremely unlikely/ sangat tidak disukai;* Jenis kerusakan yang probabilitas kejadian terhadap masing-masing operasi komponen. Sangat tidak disukai ini memiliki arti probabilitas kerusakan tunggal kurang dari 0,001 dari keseluruhan probabilitas kerusakan komponen.

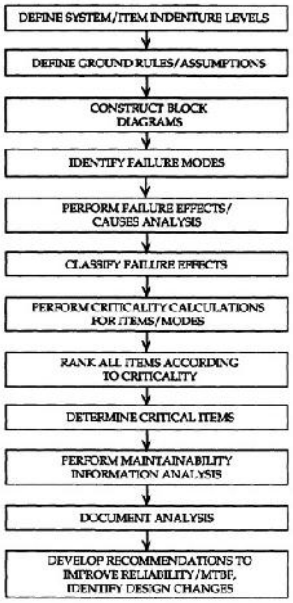
9. Menilai probabilitas kerusakan yang akan dideteksi, ini berhubungan dengan probabilitas dimana sebuah perancangan dan prosedur verifikasi akan mendeteksi jenis kerusakan yang potensial pada waktu yang sesuai pada sistem. Tingkat kerusakan kerusakan pada analisis ini memiliki orientasi terhadap proses tertentu disuatu tempat yang akan mendeteksi posisi dan mengelompokkan kerusakan sebelum dikirim dan diproses kembali hingga berakhir dikonsumen.
10. Menganalisa jenis kerusakan kritis, objek pada langkah ini memperkuat informasi yang dihasilkan sampai sekarang. Pada usaha untuk membuat sket pada aspek kritis lainnya pada perancangan sistem kekritisan pada konteks analisis ini adalah fungsi dari frekuensi dari jenis kerusakan, keburukan dan probabilitas yang akan dideteksi pada suatu waktu untuk menghalangi dampak pada pengukuran sistem.

Pada sisi komersil dari spektrum terutama pada industri otomotif, penggunaan dibuat dari suatu metrik jumlah prioritas resiko atau *RPN*, yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

RPN = (Tingkat Keburukan) x (Tingkat Frekuensi) x (Deteksi Probabilitas)…(2.1)

RPN berupaya merefleksikan jenis kerusakan kritis, pada dasarnya jenis kerusakan dengan frekuensi tinggi dengan dampak yang signifikan dengan sistem performansi dan sangat sulit untuk dideteksi karena memilki tingkat *RPN* yang sangat tinggi, karena itulah disebut kekritisan tingkat tinggi.

Pendekatan umum pelaksanaan FMECA dapat dilihat pada gambar 2.2. berikut:



Gambar 2.2. ProsesUmum Pelaksanaan FMECA
Sumber: Borgovini, Robert., Pemberton, S., Rossi, M, 1993

Namun, dalam menentukan prioritas pada komponen kritis, nilai yang pertama perlu diperhatikan adalah nilai tingkat keburukan, setelah itu nilai frekuensi kerusakan dan kemudian nilai deteksi probabilitas. Dengan kata lain, jika pada dua komponen yang memiliki nilai RPN yang berbeda, yang diprioritaskan tetap yang komponen yang memiliki nilai tingkat keburukan yang tinggi.

Setelah penentuan prioritas dari tiap-tiap komponen kritis, maka informasi komponen yang sudah dianalisis tersebut dimasukkan ke dalam tabel FMECA. Berikut adalah contoh dari Proses FMECA dari suatu Komponen Kritis.

Tabel 2.3. Proses FMECA
Sumber: Borgovini, Robert., Pemberton, S., Rossi, M, 1993

SYSTEM_____ DATE_____
PART NAME_____ SHEET_____ OF_____
REFERENCE DRAWING_____ COMPILED BY_____
MISSION _____ APPROVED BY_____

Identification Number	Item/ Functional Identification (Nomenclature)	Function	Failure Modes and Causes	Mission Phase/ Operational Mode	Severity Class	Failure Probability (Source/Data Source)	Failure Effect Probability (β)	Failure Mode Ratio (α)	Failure Rate (λ_p)	Operating Time (t)	Failure Mode CRIT $C_m = \beta\alpha\lambda_p t$	Item CRIT # $C_r = \Sigma (C_m)$	Remarks