BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perawatan (*Maintenance)*

"*Maintenance* ialah aktivitas supaya komponen atau sistem yang rusak akan dibalikkan atau dibetulkans dalam suatu situasi tertentu pada periode masa-masa tertentu. Pada umumnya perawatan yang dilaksanakan dalam sebuah perusahaan dapat dipisahkan menjadi dua." (Ebeling, 1997):

1. *Corrective maintenance*

   "Perawatan yang dilakukan terhadap mesin bila mesin tadi sudah mengalami kerusakan, atau lebih seringkali dianggap menjadi pemugaran (reparasi)." (Ebeling, 1997)

2. *Preventive maintenance*

   "Maintenance jenis ini sering disebut *time bosed maintenance*. Merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan pada selang waktu yang telah ditentukan sebelumnya untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan kondisi yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada saat beroperasi." (Ebeling, 1997)

2.2. Konsep Dasar Perawatan

"Perawatan adalah suatu konsepsi asal seluruh kegiatan yang diharapkan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar permanen bisa berfungsi menggunakan baik seperti dalam syarat sebelumnya. Selain itu pengertian bisa ditarik menjadi beberapa kesimpulan, yaitu." (Ebeling, 1997) :

1. Fungsi perawatan sangat bekerjasama erat menggunakan produksi.
2. Peralatan yang dapat dipergunakan terus buat berproduksi adalah hasil adanya perawatan.
3. Kegiatan perawatan wajib dikontrol sesuai pada syarat yang terjaga.

Pekerjaan perawatan ialah buat melakukan pemugaran yang bersifat kualitas, menaikkan suatu syarat kearah yang lebih baik. Banyaknya atau seringnya pekerjaan perawatan yang dilakukan tergantung pada:

1. “Batas kualitas terendah yang diijinkan berasal suatu komponen. Sedangkan batas kualitas yang lebih tinggi bisa dicapai oleh pekerjaan perawatan.” (Ebeling, 1997)
2. “Saat pemakaian atau lamanya operasi yang menyebabkan berkurangnya kualitas alat-alat. Pada hal ini komponen (peralatan) bisa menjadi target buat terkena tekanan-tekanan, beban pakai, syarat serta efek-impak lain yang dapat mengakibatkan menurunnya atau berkurangnya kualitas, sehingga kemampuan komponen menjadi berkurang keandalannya.” (Ebeling, 1997)

“Pada penerapannya, perawatan diharapkan teknik yang artinya penerapan berasal ilmu pengetahuan serta prinsip-prinsip dasar perawatan yang bertujuan buat menjaga kondisi suatu mesin berasal peralatan pada kondisi tepat. Terdapat 2 kebijakan perawatan yang umum dikenal di dunia industri, yaitu perawatan kerusakan (*break down maintenance*) serta perawatan pencegahan (*preventive maintenance*).” (Ebeling, 1997)

1. Perawatan yang dilakukan dapat diartikan menjadi kebijakan perawatan dengan berbagai cara mesin dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki.
2. Perawatan pencegahan

   Perawatan pencegahan terdiri berasal:

   a. Perawatan bersiklus (*Schedule Maintenance*)

      “Perawatan berkala artinya bagian dari perawatan pencegahan, perawatan ini bertujuan mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodic dalam rentang saat tertentu, seni manajemen perawatan ini diklaim pula menjadi perawatan sesuai saat (*time based maintenance*).” (Ebeling, 1997)

   b. Perawatan predektif (*Predektif Maintenance*)

      “Perwatan predektif merupakan bagian perawatan pencegahan dimana pelaksanaanya sesuai kondisi mesin itu sendiri. Untuk menentukan situasi

mesin dilakukan tindakan pengecekan secara rutin, Jika terdapat tanda atau kerusakan segera diambil tindakan perbaikan buat mencegah kerusakan segera juga diketahui. Perawatan predektif diklaim jua perawatan sesuai kondisi (*condition based maintenance*) atau juga diklaim monitoring syarat mesin (*machinery conditioning monitoring*), yang merupakan menjadi penentuan syarat mesin dengan cara menyelidiki mesin secara rutin sebagai akibatnya dapat diketahui keandalan mesin dan keselamatan kerja terjamin.'' (Ebeling, 1997)

2.3. Istilah Umum Perawatan

Istilah perawatan pada fenomena mengacu kepada fungsi pemeliharaan secara keseluruhan, yaitu:

1. Perawatan (*maintenance*) adalah sebuah kombinasi dari tindakan yang dilakukan buat menjaga suatu barang atau untuk memperbaikinya hingga syarat yang diterima.
2. Perawatan darurat (*emergency maintenance*) merupakan pekerjaan perbaikan yang wajib segera dilakukan buat mencegah akibat yang serius.
3. Perawatan terjadwal (*planned maintenance*) adalah sebuah perawatan yang sering diorganisasi serta melakukan dengan pemikiran untuk ke masa depan, pengendalian dan pencatatan yang sesuai menggunakan planning yang telah dipengaruhi sebelumnya.
4. Rusak (*break down*) ialah kegagalan yang membuat ketidaktersediaan satu indera.
5. Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah suatu pekerjaan perawatan yang tujuannya untuk melakukan pencegahan terjadinya kerusakan sewaktu-waktu.
6. Perawatan jalan (*running maintenance*) ialah perawatan yang bisa dilakukan selama mesin digunakan.
7. Perawatan berhenti (*shut down maintenance*) adalah suatu perawatan yang dilakukan pada saat mesin itu berhenti saja.

8. Jadwal perawatan (*maintenance schedule*) ialah daftar komprehensif tentang perawatan serta saatnya.
9. Perencanaan perawatan (*maintenance planning*) adalah penentuan sebelumnya pekerjaan, metode, bahan, indera, mesin, pekerja dan ketika yang diperlukan.

2.4. Manajemen Perawatan

"Perawatan merupakan sebuah metode yang digunakan buat kegiatan dalam mengadakan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, serta pengawasan dari mesin produksi serta mesin pendukung. Pengertian maintenance artinya suatu kegiatan buat memelihara atau menjaga fasilitas, mesin serta alat-alat pabrik dan mengadakan pemugaran atau penggantian yang diperlukan supaya suatu keadaan yang dapat digunakan bisa dioperasikan produksi yang memuaskan sinkron menggunakan apa yang diperlukan." (Ebeling, 1997)

2.5. Tujuan Perawatan

1. Tujuan dilakukannya perawatan artinya:
2. Memungkinkan terjadinya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan serta pengoperasian alat-alat secara tepat.
3. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem.
4. Menjaga agar sistem safety dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
5. Meminimalkan porto produksi total yang secara pribadi bisa dihubungkan menggunakan service dan perbaikan.
6. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan terhadap peroses operasi.
7. Memaksimalkan kapasitas produksi dari asal-asal sistem yang ada.
8. Memelihara peralatan-alat-alat menggunakan benar agar mesin atau alat-alat selalu berada pada kodisi permanen siap buat operasi.

2.5.1. Perawatan Pencegahan *(Preventive Maintenance)*

"Perawatan pencegahan ialah sebuah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan buat mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi yang dapat mengakibatkan fasilitas produksi mengalami kerusakan di

waktu waktu proses produksi. *Preventive maintenance* artinya aktivitas perawatan yang dilakukan dengan tujuan buat mencegah kerusakan pada mesin." (Ebeling, 1997)

1. *Periodic Maintenance*

   Periodic Maintenance ialah suatu pelaksaan service yang harus dilakukan sesudah alat-alat bekerja buat jumlah jam operasi eksklusif.
2. *Schedule Overhaul*

   Schedule Overhaul merupakan jenis perawatan yang dilakukan dengan interval eksklusif sesuai dengan standart overhaul. Dilakukan selesainya ditentukan terhadap masing-masing komponen yang terdapat.

2.5.2. Perawatan Perbaikan (*Corrective Mintenance*)

"Corrective Maintenance ialah sebuah perawatan yang dilakukan buat mengembalikan mesin ke kondisi standart bisa berupa repair atau penyetelan, beda dengan preventive maintenance yang pelaksanaannya teratur tanpa menunggu adanya kerusakan, pada *Corrective Mintenance* justru pemugaran dilakukan selesainya komponen/ mesin tersebut telah menunjukkan adanya tanda-tanda kerusakan atau rusak." (Ebeling, 1997)

1. *Repair* serta *Adjustmen*

   "Artinya suatu perawatan yang sifatnya memperbaiki kerusakan yang belum parah atau mesin yang belum *breakdown.*" (Ebeling, 1997)
2. *Breakdown Maintenance*

   "Ialah suatu perawatan yang dilaksanakan sesudah mesin tadi benar -benar rusak, hal ini umumnya terjadi karena adanya kerusakan yang diabaikan/ dibiarkan tanpa adanya usaha buat memperbaiki sebagai akibatnya kerusakan semakin lama semakin parah serta butuh waktu lama buat pemugaran." (Ebeling, 1997)

2.6. Keandalan (*Reliability*)

”Keandalan (*reliability*) adalah sebagai probabilitas sistem kinerja yang sesuai fungsi dibutuhkan dalam periode waktu tertentu. Pada dasarnya keandalan sebagai merupakan ukuran untuk kemampuan suatu komponen yang beroperasi secara terus menerus, tindakan perawatan sebagai pencegahan yang dilakukan supaya tidak dapat meningkatkan keandalan sistem.” (Ebeling, 1997)

“Model keandalan menggunakan perbaikan untuk digunakan alokasi kebutuhan awal, prediksi keandalan dan evaluasi terakhir buat menyampaikan konfigurasi sistem, akibat asal beberapa aktivitas menyediakan kunci masuk yang dibutuhkan buat sebuah perancangan pemeliharaan.untuk hasil dari alokasi keandalan akan dipergunakan kedalam pemenuhan sebagai alokasi pemeliharaan fokus. Analisis kekuatan adalah yang bisa membantu untuk beberapa titik keburukan atau mengancam ancaman pada sistem, dimana penekanan yang akan lebih besar membutuhkan terminologi yang berasal pemeliharaan dan dukungan.” (Ebeling, 1997)

2.6.1. Statistika dan Probabilitas Dalam Perawatan

“Statistika merupakan alat yang digunakan secara luas dalam setiap tahapan management atau dengan kata lain dengan statistik kita dapat memperoleh apa kita inginkan melalui sebuah informasi yang ada pada data statistik tersebut yang sebelumnya telah diolah terlebih dahulu.” (Ebeling, 1997)

“Untuk mendapatkan informasi yang sesuai dengan apa yang kita inginkan, sekumpulan data harus diolah atau diorganisasikan terlebih dahulu sehingga dengan demikian maka kita akan mendapatkan informasi yang akurat dan valid serta dapat dipertanggung jawabkan yang nantinya akan menjadikan suatu informasi untuk dapat digunakan.” (Ebeling, 1997)

“Masalah perawatan sangat erat kaitannya dengan statistika dan teori probabilitas, sebagian besar leteratur tentang masalah kegiatan perawatan dari landasan statistik

dan teori probabilitas. Untuk menjelaskan kaitan tersebut perlu dijelaskan beberapa terminology tentang masalah perawatan tersebut." (Ebeling, 1997)

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

"Pada pelaksanaan metode ini sangat baik dalam membantu perusahan karena dengan metode ini perusahaan dapat mengidentifikasi kerusakan dari komponen mesin, mencari penyebab dan akibat potensial yang ditimbulkan serta efek buruk lainnya dan juga dapat melakukan tindakan yang seharusnya dilakukan sesuai prosedur atau metode dari FMECA itu sendiri. Menggunakan metode FMECA supaya perusahan dapat teratur melakukan prosedur perawatan mesin yang sudah ada, sehingga kerusakan sistem atau mesin secara datang-datang bisa segera diatasi. FMECA merupakan suatu metode yang mengidentifikasi dan meneliti bagaimana cara untuk menghindari kerusakan atau kegagalan pada sebuah sistem, baik kerusakan yang diakibatkan oleh operator (man), mesin, material dan juga lingkungan." (Blancard, 1995)

"Jenis kerusakan berpengaruh kepada analisa kekritisan (FMECA) ialah teknik yang digunakan untuk menganalisis sebuah sistem dengan mengidentifikasi dan menginvestasi sistem yang berpotensial (produk/ proses) jelek, ini sejalan dengan metodologi buat langkah-langkah perfomansi serta keamanan asal kerusakan serta dampak berfokus lainnya. FMECA adalah terdiri dari analisis yang berbeda, yaitu menganalisis kerusakan maka dari itu semuanya akan diperluas untuk menganalisa jenis kerusakan yang mengalami fatal. Diatas merupakan sebuah laba nyata yang terdiri dari tindakan pengidentifikasi atau mengurangi dari kerusakan." (Blanchard, 1995)

"FMECA juga meningkatkan pengetahuan terhadap sebuah sistem dan meningkatkan persediaan kedalam perilaku yang diaharapkan, keluaran dari FMECA dilakukan pada waktu yang tepat yang tidak ternilai untuk meningkatkan pemeliharaan preventif yang efektif dan pekerjaan yang terfokus direncana pengendalian." (Blanchard, 1995)

“FMECA dimulai dengan tahap konseptual dan persiapan, desain saat sistem tadi dianalisa lebih asal suatu perspektif fungsional. Untuk memaksimalkan efektivitas, bagaimanapun analis perlu menaikkan setiap berita tambahan yang tersedia untuk sebuah analis, itu juga mencerminkan seluruh perubahan desain serta dampaknya pada keseluruhan sistem. Disamping itu dan menjadi tambahan, laba atau manfaat semakin jelas menggunakan FMECA, itu dapat membentuk kontribusi yang krusial terhadap studi kelayakan sistem.” (Blanchard, 1995)

“Menilai keburukan berasal jenis kerusakan. dikonteks analisis ini berafiliasi menggunakan pengaruh atau dampak yang serius terhadap jenis kerusakan pada umumnya. Mengidentifikasi pendeteksi kerusakan yang berarti, dikontek ini, sebuah proses dengan orientasi FMECA, mengarah di pengendalian peredaran proses yang bisa menedeteksi terjadinya kegagalan atau stigma. Bagaimanapun, ketika FMECA terfokus pada perancangan ini menunjukkan dieksistensi asal beberapa jenis perancangan, bantuan, ukuran, pembacaan atau mekanisme pembuktian yang mendeteksi hasil dari jenis kerusakan yang potensial.” (Blanchard, 1995)

“Karakteristik kerusakan dari setiap mesin atau peralatan akan mempengaruhi bentuk pendekatan yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan. Karakteristik kerusakan dari setiap mesin pada umumnya tidak sama, karena suatu mesin atau peralatan dioperasikan pada kondisi yang berbeda dengan beban dan waktu kerja yang bervariasi.” (Blanchard, 1995) Langkah-langkah proses pembuatan FMECA:

1. Pendeskripsikan sistem (produk / proses)
2. Pendeskripsikan fungsi sistem
3. Mengidenfikasi kerusakan pada sistem
4. Mengidentifikasi penyebab kerusakan
5. Mengidentifikasi efek dari kerusakan
6. Menentukan *severity* dari efek kerusakan
7. Menentukan frekuensi dari kerusakan

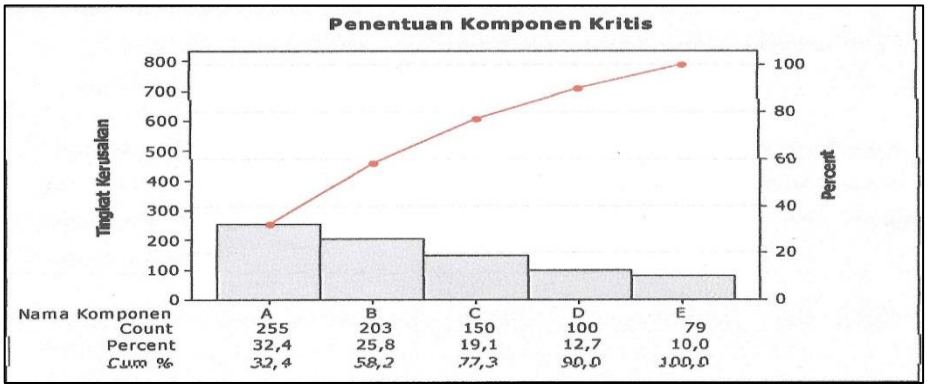
Berikut beberapa cara yang dilakukan buat menganalisis kerusakan, diantaranya:

1. “Penggambaran kebutuhan sistem (produk/ proses), untuk beberapa produk atau proses itu sangat penting tak hanya buat tujuan keinginan tetapi pula ketidakinginan terhadap yang akan terjadi atau keluaran, apa yang wajib dipenuhi sang produk/ proses, diakhirnya kebutuhan tersebut akan kembali meninggalkan jejak yang diharapkan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan yang mempengaruhi performansi pada faktor efektivitas yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan tadi.” (Blanchard, 1995)

2. “Pemenuhan analisis fungsional, adalah untuk dilakukan pendefinisian pada sistem terminologi. Sistem fungsional merupakan untuk menggunakan simbol yang representatifnya seperti diagram alir. Fungsi sistem representatif dilengkapi dengan formasi format data diagram alir seperti N-*Squared Chart*, buat sedikit mempertinggi sistem asal setiap karakteristik/ prilaku.” (Blanchard, 1995)

3. “Pemenuhan alokasi kebutuhan, adalah naik turunnya kerusakan yang mempengaruhi pada sistem berukuran kebutuhan untuk beberap fungsional (produk/ proses) pada sistem hierarki fungsional. Pada krusial merupakan sebagai untuk mengidentifikasikan pencapaian performansi sistem, efektivitas, faktor lain buat masing-masing blok fungsional.” (Blanchard, 1995)

Contoh diagram pareto dapat dilihat pada gambar 2.1. berikut:

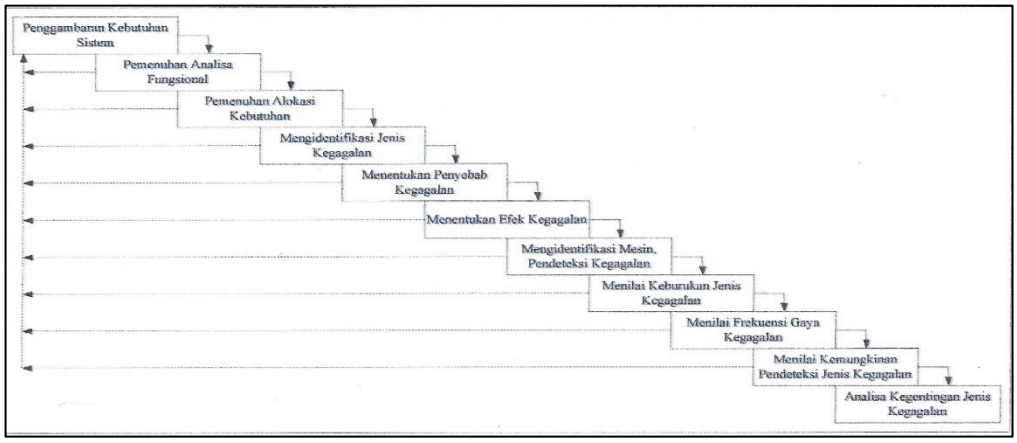


Gambar 2.1. Diagram Pareto

“Diagram Pareto merupakan suatu indera yang dipergunakan untuk membandingkan berbagai kategori peristiwa yang disusun berdasarkan ukurannya buat memilih pentingnya prioritas kategori peristiwa-peristiwa atau sebab-sebab kerjadian yan masalahnya yang akan dipecahkan dengan memakai diagram Pareto dapat terlihat masalah mana yang sering mengalami kerusakan serta tentunya kita bisa mengetahuinya mana yang prioritaskan penyelesaian masalah yang harus diprioritaskan, yang menjadi kriteria dan pertimbangan dalam memilih diagram pareto ini merupakan frekuensi kerusakan, ongkos pemugaran, total ongkos perawatan dan harga komponen yang diganti.” (Blanchard, 1995)

4. “Mengidentifikasi jenis kerusakan, pada konteks analisis ini, jenis kerusakan mempunyai arti dimana sistem dari sebuah elemen gagal untuk memenuhi fungsinya.” (Blancard, 1995) Sebagai contoh; menyalakan sebuah mesin.

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



Gambar 2.2. Pendekatan Umum Pelaksanaan FMECA

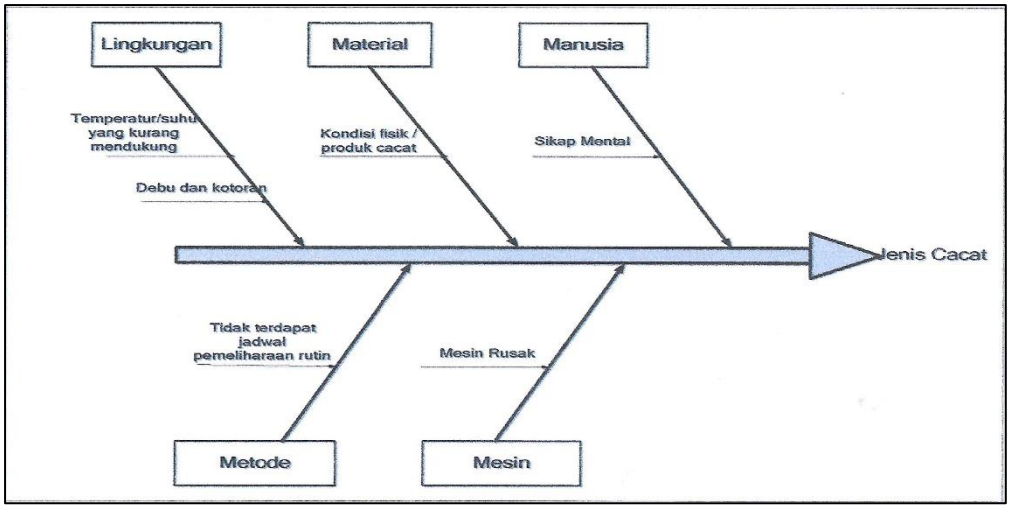
Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

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.” (Blanchard, 1995)

“Diagram *fishbone* atau diagram sebab akibat adalah suatu alat untuk menganalisa mutu dengan tujuan untuk mengetahui secara menyeluruh hubungan antara kecacatan dengan penyebabnya. Adapun contoh diagram sebab akibat dibawah ini.” (Blanchard, 1995) :

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



Gambar 2.3. Diagram Sebab Akibat

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1995

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.” (Blanchard, 1995)

7. “Menilai keburukan dari jenis kerusakan. Pada konteks anilisis ini berhubungan dengan efek atau akibat yang serius terhadap jenis kerusakan pada umumnya. 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.” (Blanchard, 1995)

“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.” (Blanchard, 1995)

Tabel 2.1. Tingkat Keburukan Jenis Kerusakan, Frekuensi dan Deteksi Probabilitas

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 melainkan 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

***High/* Tinggi:** DV atau PCs sekarang mempunyai kesempatan yang baik untuk mendeteksi jenis kerusakan yang potensial	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 ditunjukan pada frekuensi jenis kerusakan secara individual. Pada dasarnya jumlah dari frekuensi untuk sebuah elemen sistem harus sebanding dengan nilai kerusakannya. Standar Pengukuran MIL-STD 1629A, ada dua tujuan pendekatan, pertama secara kualitatif dan kuantitatif, ini bertujuan untuk menentukan frekuensi jenis kerusakana. 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.” (Blanchard, 1995)

Tabel 2.2. Tingkat Kualitatif Probabilitas Kerusakan

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.

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1994

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 pada analisis memiliki orientasi terhadap proses tertentu disuatu tempat yang akan mendeteksi posisi dan mengelompokkan kerusakan sebelum dikirim dan di proses kembali hingga berakhir dikonsumen.” (Blanchard, 1995)

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.” (Blanchard, 1995)

“Pada sisi komersil dari spektrum terutama pada industry otomotif, penggunaan dibuat dari suatu metrik jumlah prioritas resiko atau *RPN*, yang dapat dinyatakan sebagai berikut.” (Blanchard, 1995):

$$RPN = (\text{Tingkat Keburukan}) \times (\text{Tingkat Frekuensi}) \times (\text{dan Tingkat Deteksi})$$

“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 memiliki tingkat *RPN* yang sangat tinggi, karena itulah disebut kekritisan tingkat tinggi.” (Blanchard, 1995)

Tabel 2.3. Proses FMECA

	FMECA Valve + Welded Pipe + Pressurized Vessel																
		Phase 2 of project : detailed engineering Before placing orders					*Analysis*					*Status after actions*				
	Item	FUNCTION Expected result	FAILURE MODE	CAUSES Internal External	EFFECTS (on function; from user's perspective)	DETECTION	Frequency	Severity	Detection	Criticality (RPN)	Recommended actions	Frequency	Severity	Detection	RPN	Resp./time
1	Welded Pipe N°45B	Safely & durably connect Vessel to Valve	Weld leaks and eventually breaks	Wrong welding procedure (Internal metallurgical defaults)	Spillage of oil, air + oil = fire hazard	Dye-penetrant test; Bars sensors ASTM certif.	1	6	3	18	❖ Radiographs after welding ❖ Bar code for welding proc onto the tube	1	4	2	12	
2		Idem	Idem	Faulty welding operating material	Idem	Only ex works quality certificates	7	5	8	280	❖ Establish humidity analysis reports ❖ Random electrodes QC checking	2	4	3	24	
3		Idem	Idem	Unskilled welder: Heterogen-eous weld	Idem	ASME qualification certificates	4	8	3	96	❖ Radiographs ❖ Reduce welding hrs for thick steel	2	8	1	16	
4		Idem	Idem	Corrosion or erosion from (re)agents	Lower thickness of tube	Yearly inspection	3	4	3	27	❖ Insulate pipes with PH4 resistant material					
5		Idem	Idem	Corrosion or erosion from (re)agents	Steel in valve or o-rings	None to date	7	2	9	126	❖ Measure oil sulphur content ❖ Flow and pressure meters	5	2	5	50	
6		Idem	Weld suddenly breaks	Shock or fatigue	Spillage of oil; production disruption	No pipe rack					❖ Add protection & pipe rack + elbows to absorb vibrations					

Sumber: Benjamin S. Blanchard, 1995