

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penerangan Istilah pada *Plywood*

Plywood adalah atau sering disebut kayu lapis (tripleks) adalah sejenis papan pabrikan yang terdiri dari lapisan kayu yang direkatkan bersama-sama. Teknik pembuatan *plywood* telah ditemukan sejak abad ke-17, namun baru sekitar akhir abad ke-19 *plywood* diproduksi secara komersial untuk pembuatan peti teh. *Plywood* yang digunakan untuk pembuatan peti memiliki tiga lapisan sehingga biasa disebut *three-ply*, atau tripleks di Indonesia. Kayu lapis adalah suatu produk panil-panil kayu yang diperoleh dengan cara menyusun secara bersilangan dari lembaran-lembaran *veneer* yang dikombinasikan dengan papan, strip, papan partikel, papan serat, atau lainnya yang diikat dengan perekat bantuan perlakuan berupa pemberian panas (elib.unikom.ac.id, 2013). Kayu lapis biasanya memiliki lapisan (*ply*) berjumlah ganjil yakni 3 lapisan hingga 9 lapisan.

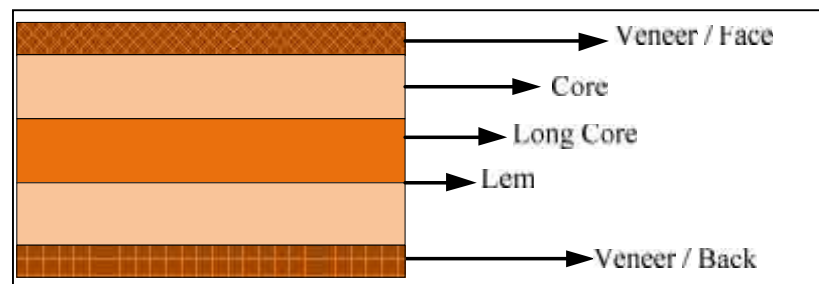
Proses *rotary* merupakan proses kedua. Kayu yang telah dipotong akan dikupas dengan mesin *rotary* dan akan diambil lapisan yang terbaik. Dianalogikan seperti kita menyerut pensil. Hasil pengupasan berupa lembaran bahan yang disebut *core* dan *veneer*. Pada proses ini sangat menentukan ketebalan dari *plywood* kedepannya. Setelah dikupas maka lembaran kayu tersebut dikeringkan untuk dikurangi kadar airnya. Ini dilakukan untuk membuat lembaran bahan tersebut dapat dilem untuk nantinya dirakit menjadi susunan *plywood*.



Gambar 2.1 Produk Kayu Lapis
(Sumber : PT. PEBPI Unit Pabrik)

Veneer adalah lapisan tertipis yang berada pada paling atas atau disebut *Face* (F); muka. *Veneer* diambil dari kayu yang memiliki serat bagus dan rata sehingga mencerminkan permukaan dengan corak yang indah saat menjadi sebuah *plywood*. *Veneer* biasanya diambil dan disortir saat proses pengupasan pada mesin *rotary* karena tidak semua bagian dari bulatan kayu memiliki motif corak yang sama dan seragam.

Core adalah lapisan tengah kedua bila penyusunan kayu lapis terdiri dari 3 (tiga) lapisan tetapi bisa menjadi lapisan bukan kedua bila kayu lapis tersusun lebih dari 3 (tiga) lapisan atau disebut *ply*. Merupakan lapisan yang terdiri dari paduan 4 (empat) atau lebih potongan bahan (kayu yang telah menjadi lembaran tipis atau hasil kupasan mesin *rotary*) kemudia di susun dan dijahit dengan benang khusus dan diberi lem khusus juga sehingga menghasilkan bentuk 1 (satu) lembaran besar. Berikut gambar susunan lapisan pada *plywood* dengan pembesaran:



Gambar 2.2 Susunan *plywood* terdiri beberapa lapis (*ply*)
(Sumber : PT. PEBPI Unit Pabrik)

2.2 Pemeliharaan (*Maintenance*)

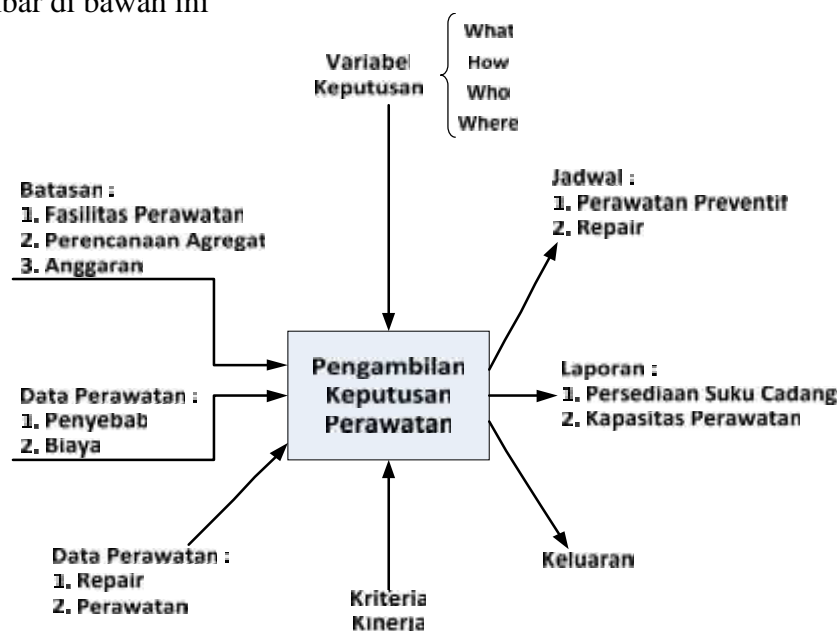
Pemeliharaan yang memiliki kata dasar “pelihara” menurut kamus umum bahasa Indonesia yaitu perbuatan (hal dsb); memelihara(kan); penjagaan; perawatan. Pemeliharaan memiliki ruang lingkup yang cukup besar. Suatu benda bila dipelihara tentunya akan tetap memiliki nilai yang baik terhadap pemiliknya maupun orang lain yang melihatnya. Terlebih lagi pemeliharaan tersebut dilakukan terhadap benda yang beroperasi sangat rutin dan menjadi alat bantu dalam pekerjaan tertentu.

Bila pemeliharaan yang berkala dilakukan terhadap sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur tentunya memiliki peran penting guna

menjamin dan menciptakan suatu keadaan kegiatan produksi yang memuaskan sesuai dengan rencana. Untuk membuat semua sesuai rencana maka perlu adanya kepedulian dan tindakan yang terintegrasi oleh semua pihak yang terkait terhadap perusahaan tersebut.

Suatu kegiatan industri tidak terlepas dari penggunaan mesin dan peralatan produksi. Kelancaran kegiatan produksi sangat tergantung pada baik tidaknya mesin yang digunakan. Baik tidaknya suatu mesin tergantung pada cara menggunakan mesin tersebut dan perawatan yang dilakukan. Kegiatan perawatan meliputi kegiatan pengecekan, meminyaki (*lubrication*) dan perbaikan atau reparasi atas kerusakan-kerusakan yang ada serta penyesuaian atau penggantian suku cadang (*spare part*) atau komponen yang terdapat pada mesin atau fasilitas tersebut (Assauri, 1978 dikutip dalam Jiwantoro, dkk, 2012).

Sistem perawatan harus memiliki respon yang baik terhadap kerusakan-kerusakan yang akan muncul maupun kapasitas kerja yang memadai untuk menangani kerusakan yang terjadi. Untuk kepentingan ini maka sistem perawatan harus memiliki dan menjalankan fungsi dari beberapa hal yaitu; variabel-variabel keputusan, kriteria kinerja, batasan, masukan, dan keluaran. Seperti yang disajikan pada gambar di bawah ini



Gambar 2.3 Komponen Dasar Sistem Perawatan
(Sumber Nasution, 2006 dikutip dalam Jiwanto, dkk, 2012).

2.2.1 Definisi Pemeliharaan (*Maintenance*)

Maintenance adalah semua kegiatan yang berhubungan untuk mempertahankan suatu mesin atau peralatan agar tetap dalam kondisi siap untuk beroperasi, dan jika terjadi kerusakan maka diusahakan agar mesin atau peralatan tersebut dapat dikembalikan pada kondisi yang baik. Peranan pemeliharaan baru akan sangat terasa apabila sistem mulai mengalami gangguan atau tidak dapat dioperasikan lagi (Kostas N. D, 1981 dikutip dalam Pujotomo, dkk, 2012).

Pemeliharaan adalah kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk mempertahankan suatu benda di dalam, atau mengembalikannya ke kondisi yang dapat diterima (Corder, 1996 dikutip dalam Rizki 2012).

Pemeliharaan (*maintenance*), menurut *The American Management Association, inc* (1971), adalah kegiatan rutin, pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga kondisi fasilitas produksi agar dapat dipergunakan sesuai dengan fungsi dan kapasitas sebenarnya secara efisien (Iswanto, 2008).

Maintenance atau pemeliharaan adalah sejumlah kegiatan yang dilaksanakan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu mesin atau sistem produksi supaya dapat beroperasi secara maksimal. Pekerjaan pemeliharaan ini sebenarnya cukup sulit diawasi khususnya dalam penjadwalan akan tetapi harus dilaksanakan secara serius dan berkelanjutan guna mendapatkan suatu sistem tetap terjaga. Pekerjaan pemeliharaan melibatkan berbagai disiplin keahlian dan memiliki andil penting dalam mencapai tujuan industri, oleh karena itu maka pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan hendaklah diawasi secara terus menerus guna mengetahui sejauh mana efektivitas kerja suatu sistem. Langkah yang dilakukan untuk mencapai sasaran di atas maka perlu kiranya meninjau dan menetapkan faktor-faktor antara lain adalah (Ginting, 2009):

1. Organisasi Pemeliharaan, penyusunan struktur organisasi disesuaikan dengan situasi apakah konsep pemeliharaan masing-masing zona atau bersifat sentralisasi yang harus ditetapkan.
2. Tanggung jawab fungsional disusun guna memperjelas garis kerja, apakah berdasarkan *spender* atau pemborosan atau lebih baik memakai *holder*

accountability supaya sikap tanggap disemua strata lebih cepat dan responsif.

3. *Maintenance Work Order* (MWO) sangat diperlukan untuk menentukan atau mengidentifikasi spesifikasi pekerjaan dan sekaligus alat komunikasi antara operator dan bagian pemeliharaan.
4. Hal yang esensial dalam pemeliharaan biasanya ditemukan pertama kali oleh operator, hal ini perlu dicatat dan didiskusikan bersama guna mendapatkan penyelesaian secepatnya baik tentang jadwal, biaya maupun responibilitinya.
5. Literatur teknik seperti spesifikasi produk, peralatan atau mesin sangat berguna sebagai bahan acuan dalam menentukan hasil produk maupun penyusunan SOP setiap peralatan.
6. Filter (saringan) diperlukan untuk penyeleksian MWO, mana yang harus dikerjakan atau dipending dan menentukan skala prioritas pekerjaan.
7. Pelatihan terhadap sumber daya manusia untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman terhadap permasalahan pemeliharaan dapat berupa kursus, seminar ataupun melalui jalur pendidikan formal.

Di Indonesia, istilah pemeliharaan itu sendiri telah dimodifikasi oleh Kementrian Teknologi (sekarang Departemen Perdagangan dan Industri) pada bulan April 1970, menjadi *teroteknologi*. Kata *teroteknologi* ini diambil dari bahasa Yunani *terein* yang berarti merawat, memelihara, dan menjaga. *Teroteknologi* adalah kombinasi dari manajemen, keuangan, perekayasaan dan kegiatan lain yang diterapkan bagi asset fisik untuk mendapatkan biaya siklus hidup ekonomis. Hal ini berhubungan dengan spesifikasi dan rancangan untuk keandalan serta mampu pelihara dari pabrik, mesin-mesin, peralatan, bangunan dan struktur, dan instalasinya, pengetasan, pemeliharaan, modifikasi dan penggantian, dengan umpan balik informasi untuk rancangan, untuk kerja dan biaya (Corder, 1992 dikutip dalam Iswanto 2008).

2.2.2 Tujuan Pemeliharaan (*Maintenance*)

Tujuan *maintenance* adalah untuk menjaga agar kondisi semua mesin dan peralatan selalu dalam keadaan siap pakai secara optimal pada setiap dibutuhkan sehingga dapat menjamin kelangsungan produksi serta untuk memperpanjang masa penggunaan (umur produktif) peralatan maupun untuk menjamin keselamatan kerja sehingga memberikan kenyamanan kerja yang optimal. Dengan demikian yang menjadi tujuan utama pemeliharaan adalah (Munthe, dkk, 2009) :

1. Mesin atau peralatan dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan tercapai.
2. Untuk memperpanjang umur atau masa pakai dari mesin atau peralatan.
3. Menjamin agar setiap mesin atau peralatan dalam kondisi baik dan dalam keadaan dapat berfungsi dengan baik.
4. Dapat menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi.
5. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
6. Memaximumkan ketersediaan semua mesin atau peralatan untuk mengurangi *downtime*.
7. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
8. Dapat mendukung upaya memuaskan pelanggan.

2.2.3 Perkembangan Sistem Pemeliharaan (*Maintenance*)

Dalam pelaksanaannya pemeliharaan mengalami perkembangan, dari adanya konsep hingga tindakan yang di terapkan dilapangan. Adapun sistem pemeliharaan tersebut (Hamsi, 2004)

1. Sistem Pemeliharaan Sesudah Rusak (*breakdown maintenance*)

Pada mulanya di industri kimia dan industri-industri lainnya semua pemeliharaan pabrik dilakukan dengan metode ini, prinsipnya jika ada mesin atau peralatan yang sudah rusak, baru pemeliharaan dilakukan sesegera mungkin. Hingga akhirnya para insinyur pemeliharaan tidak punya waktu untuk

memberikan ide-ide yang baik bagi pengembangan mendasar dalam usaha untuk meminimalkan kerusakan tersebut karena mereka semua sibuk dengan pekerjaan-pekerjaan yang bersifat rutin seperti pekerjaan-pekerjaan perbaikan lainnya (*repair work*). Konsep dasar pemeliharaan adalah menjaga atau memperbaiki mesin atau pabrik hingga kalau boleh dapat kembali kekeadaan aslinya dengan waktu yang singkat dan biaya yang murah.

Tujuan pemakaian metode ini adalah untuk mendapatkan penghematan waktu dan biaya dan perbaikan dilakukan pada keadaan yang benar-benar perlu. Pada pemeliharaan sistem ini pekerja-pekerja pemeliharaan hanya akan bekerja setelah terjadi kerusakan pada mesin atau pabrik.

Jika memakai sistem ini kerusakan mesin atau equipmen akan terjadi berkali-kali dan frekuensi kerusakannya hampir sama saja setiap tahunnya. Artinya beberapa mesin atau equipmen pada pabrik tersebut ada yang sering diperbaiki. Pada pabrik yang beroperasi secara terus menerus, dianjurkan untuk menyediakan cadangan mesin (*stand by machine*) bagi mesin-mesin yang vital.

Sifat-sifat lain dari sistem pemeliharaan ini adalah sistem data dan file informasi. Data dan file informasi untuk perbaikan mesin atau equipmen ini harus dijaga oleh seorang insinyur yang bertanggung jawab terhadap file tersebut.

Sistem ini untuk pembongkaran pabrik tahunan tidak dipakai karena pada saat dilakukannya penyetelan dan perbaikan, unit-unit cadanganlah yang dipakai. Dan ini memerlukan tenaga kerja tetap yang sangat banyak dibandingkan dengan sistem lain yang akan dibahas.

Sistem yang sudah ketinggalan jaman ini merupakan sistem perencanaan yang tidak sistematis secara keseluruhannya (Hamsi, 2004).

2. Sistem Pemeliharaan Rutin (*preventive maintenance*)

Pada sistem pemeliharaan *breakdown* kira sudah merasakan perlunya melakukan pemeriksaan atau perbaikan pada mesin- mesin atau equipmen yang berbahaya pada operasi keseluruhan pabrik, biaya perbaikan akan dapat diminimalkan bila telah kita ketahui kerusakan tersebut secara dini. Tipe pemeriksaan dan perbaikan *preventive* ini dibuat dengan mempertimbangkan

ketersediaan tenaga kerja, suku cadang, bahan untuk perbaikan dan faktor-faktor lainnya.

Keuntungan melakukan pemeriksaan dan perbaikan secara periodik dan pada saat yang tepat pada semua mesin-mesin atau peralatan adalah dapat di ramalkannya total perbaikan pada seluruh sistem pabrik oleh para insinyur pemeliharaan. Selanjutnya, bila kesalahan atau kerusakan mesin atau equipmen dapat diramalkan lebih awal dengan melihat fenomena kenaikan getaran mesin, kenaikan temperatur, suara, dan lain-lain. Dalam hal ini perbaikan dilakukan segera sebelum terjadi kerusakan yang lebih fatal. Biaya perbaikan dan lamanya mesin atau equipmen tidak beroperasi dapat diminimalkan dibandingkan dengan perbaikan mesin yang sama tetapi dilakukan setelah mesin itu rusak total.

Sistem pemeliharaan pabrik meliputi rencana inspeksi dan perbaikan secara periodik (periode inspeksi dan perbaikan dapat berbeda tergantung pada tipe mesin dan penting tidaknya pencegahan kerusakan tersebut) dengan perbaikan pabrik atau ramalan kerusakan sedini mungkin hingga dapat diketahui perlu tidaknya dilaksanakan pekerjaan perbaikan sebelum kerusakan yang lebih serius terjadi. Aspek yang terpenting dari pemeliharaan rutin adalah dapat diramalkannya umur mesin atau equipmen tersebut.

Pendeteksian keadaan yang tidak normal pada mesin atau equipmen sedini mungkin dilakukan oleh *group* inspeksi yang berada dibawah bagian pemeliharaan. Tetapi bantuan dan laporan dari orang-orang *group* produksi akan sangat membantu bagian pemeliharaan, hingga dapat dibuat perencanaan yang optimum. *Group* perencanaan dan inspeksi adalah merupakan bagian dari sistem pemeliharaan rutin. *Group* ini melakukan pemeriksaan rutin pada mesin-mesin dan equipmen dan pada saat terjadinya pembongkaran mesin, menyiapkan inspeksi dan membuat rencana perbaikan, termasuk pengontrolan biaya dan pengembangan teknis dari equipmen tersebut.

Jika pembongkaran pabrik yang tidak diharapkan dan kerusakan mesin atau equipmen berkurang atau turun, kebutuhan jumlah operator dan pergantian tugas jaga mesin akan berbeda pada tingkatan ini. Pengurangan kemungkinan kerusakan mesin atau equipmen merupakan tujuan yang paling penting dari

pemeliharaan pabrik sistem *preventive*, tetapi kemajuan perkembangan bahan tidak sejalan dengan perkembangan pemeliharaan sistem *preventive*. Sistem pemeliharaan ulang (*corrective maintenance*) berikut ini dianjurkan untuk mengatasi masalah tersebut. Bila pemeliharaan rutin dilaksanakan dengan baik, maka beberapa mesin cadangan yang ada akan menganggur atau tidak terpakai karena umur mesin akan bertambah panjang hingga perbaikan hanya perlu dilakukan pada saat dilakukannya pembongkaran mesin-mesin skala besar dipabrik tersebut (*turnaround*), maka mesin-mesin cadangan boleh ditiadakan yang artinya akan mengurangi biaya perawatan.

Data dan informasi sehubungan dengan inspeksi dan perbaikan mesin atau equipmen akan terekam dengan sistematis dan ini merupakan data dasar untuk merumuskan rencana-rencana pemeliharaan selanjutnya dan peningkatan fasilitas yang dilakukan oleh bagian perencanaan dan inspeksi. Data ini merupakan masukan yang sangat akurat untuk bagian pergudangan yang mengurus suku cadang dan bahan untuk pemeliharaan rutin.

Dengan memakai sistem pemeliharaan rutin ini tenaga kerja untuk pemeliharaan harian dapat dikurangi hingga 60% dibandingkan sistem pemeliharaan *breakdown* (Hamsi, 2004).

3. Sistem Pemeliharaan Ulang (*corrective maintenance*)

Setelah beberapa tahun pemeliharaan rutin dilaksanakan di pabrik, dari data-data inspeksi yang dilakukan rutin maka bisa diperoleh umur dan biaya pemeliharaan dari masing-masing mesin atau equipmen. Dari informasi ini kita dapat menentukan prioritas unit mana yang harus segera diperbaiki.

Bagian inspeksi dan perencanaan, bekerja sama dengan bagian produksi dan pekerja lapangan akan menginformasikan kondisi masing-masing mesin dan equipmen dengan cara sebagai berikut :

1. Bagaimana perencanaan aslinya, kapasitas dan apakah kinerja berubah setelah masa perawatan yang lama, suku cadang mana yang mudah rusak.
2. Adakah cara lain untuk mencegah kerusakan tersebut?
3. Mencari dimana letak permasalahan dari sistem tersebut.

4. Menetapkan umur dari mesin-mesin dan equipmen untuk menangkul munculnya masalah yang lebih besar.

Selanjutnya data-data perbaikan dan pemeriksaan yang rutin akan memungkinkan kita mendeteksi kemungkinan terjadinya kerusakan dan mempersiapkan kerja untuk jenis kerusakan tersebut. Ini akan menghasilkan prosedur perbaikan yang tepat dan dapat meminimalkan waktu yang dipakai untuk pekerjaan tersebut.

Sifat-sifat yang menonjol dari sistem pemeliharaan ulang adalah efisien dan dekat serta eratnya hubungan diantara bagian perencanaan, bagian inspeksi dan para pekerja seperti ahli bahan, insinyur mesin, kimia, dan lain-lain. Disini masalah yang muncul dilapangan dapat diatasi berkat adanya kerjasama dari seluruh bagian-bagaian yang ada di pabrik. Meminimalkan frekuensi kerusakan pabrik setiap bulan dapat dilakukan dengan cara menjaga kualitas bahan, memodifikasi rancangan mesin, proses dan lain-lain.

Informasi dari penyedia barang (*supplier*) mengenai barang-barang atau bahan yang terbaru, ini akan sangat membantu perencanaan selanjutnya, tetapi pemakaian bahan-bahan ini harus kita mengerti benar dan disesuaikan dengan keperluan dasar pabrik.

Tugas dari seorang insinyur bagian pemeliharaan tidak hanya sebatas merawat mesin dan equipmen yang ada saja. Tugasnya adalah memaksimalkan keuntungan pabrik dengan mengurangi jumlah kerusakan mesin dan equipmen dan juga mengurangi biaya pemeliharaan, ini dilakukan dengan mempelajari atau mengembangkan teknologi yang terbaru.

Konsep pembiayaan pada pengembangan bahan untuk suku cadang mesin atau equipmen tertentu adalah sangat penting dan orang yang ahli bahan harus bekerja sama dengan bahagian pemeliharaan. Awalnya pada pemeliharaan ulang, tenaga kerja tambahan dan penanaman modal diperlukan, tetapi modal tersebut akan kembali dalam waktu yang singkat dengan di naikkannya pelayanan, bertambahnya penurunan kerusakan, terjadinya penurunan biaya perbaikan, dan bertambah panjangnya umur dari fasilitas-fasilitas tersebut.

Dewasa ini kebanyakan pabrik-pabrik mengikuti konsep terbaru yaitu pabrik besar yang terpadu di dalam satu lokasi, hingga tidak diperlukan lagi mesin-mesin atau equipmen cadangan, disini kondisi masing-masing mesin atau equipmen sudah sangat terjamin, ini disebabkan karena pemeliharaan ulang dijalankan. Tenaga kerja untuk pemeliharaan harian dapat ditekan hingga 50% dibandingkan dengan sistem pemeliharaan *breakdown* (Hamsi, 2004).

4. Sistem Pemeliharaan Produktif

Sistem pemeliharaan yang telah diuraikan diatas mempunyai asumsi dasar, bahwa makin tinggi efisiensi makin tinggi keuntungan yang akan diperoleh, maka bila efisiensi yang tinggi tadi tidak membawa keuntungan yang diinginkan, maka konsep baru dari sistem pemeliharaan perlu dipikirkan. Dibawah kondisi ini konsep baru mungkin diperlukan (Hamsi, 2004).

1. Bila produksinya maksimum, hingga pasar tidak dapat membelinya.
2. Pabrik-pabrik tertentu tidak memerlukan pemeliharaan yang rutin, seperti pabrik lem.
3. Jika suatu pabrik didirikan pada daerah komplek industri dimana fasilitas-fasilitas penunjangnya telah disediakan, maka dalam hal ini fasilitas-fasilitas penunjang untuk pabrik kita bisa lebih hemat lagi.

Sistem pemeliharaan yang baik adalah berbeda untuk masing-masing pabrik karena masing-masing pabrik berbeda pemakaian bahan dan energinya.

Sistem pemeliharaan dimulai dengan mengoptimumkan sistem pemeliharaan itu sendiri berkait dengan beberapa kondisi yang dialami oleh pabrik tersebut, ini adalah konsep pemeliharaan produktif. Pengurangan kerusakan yang tidak diingini merupakan elemen yang sangat penting bagi semua tipe sistem pemeliharaan, pengurangan ini dapat diperoleh dengan teknologi yang dapat mengidentifikasi umur mesin dan equipmen tanpa harus mesinnya dibongkar.

Kerjasama yang baik diantara bahagian perencanaan, bahagian inspeksi, dan bahagian produksi harus dijaga untuk mengoptimumkan sistem yang dipakai pada pemeliharaan produktif. Tujuan dari pemeliharaan atau perencanaan lain

adalah untuk merencanakan pemeliharaan dari masing-masing fasilitas yang ada sesuai dengan umur masa pakainya dan dengan mengurangi biaya pemeliharaan tahunan, dengan cara pendekatan inspeksi dan pekerjaan perbaikan pada waktu diadakannya pembongkaran pabrik tahunan atau pemeliharaan yang lain-lain.

Optimisasi perencanaan biaya pemeliharaan untuk pekerja lapangan pada saat pembongkaran pabrik dan pekerjaan pemeliharaan harian dapat dievaluasi langsung melalui sifat-sifat dari pabrik.

Keperluan memasang mesin cadangan atau equipmen ditentukan oleh hasil dari konsep pemeliharaan produktif. Biaya tambahan untuk unit-unit cadangan dapat ditentukan dengan membandingkan biaya investasi dengan uang yang kembali bila kiat memakai sistem pemeliharaan rutin untuk seluruh mesin yang ada dalam pabrik tersebut. Secara umum mesin-mesin atau equipmen yang besar dan mahal diharapkan dapat berjalan secara rutin pada masa-masa pemeliharaan tersebut, hingga mesin-mesin atau unit-unit cadangan dapat ditiadakan (Hamsi, 2004).

2.3 Pengertian Kinerja

Menurut Prawirosentono, kinerja adalah hasil kerja yang dapat dicapai oleh pegawai atau sekelompok pegawai dalam suatu organisasi, sesuai dengan wewenang dan tanggung jawab masing-masing, dalam upaya mencapai tujuan organisasi bersangkutan secara legal, tidak melanggar hukum dan sesuai dengan moral dan etika (Supriadi, 2013).

Kemudian Mangkunegara mendefinisikan “Kinerja (prestasi kerja) adalah hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh seseorang pegawai dalam melaksanakan tugasnya sesuai dengan tanggung jawab yang diberikan kepadanya” (Supriadi, 2013).

Pengertian diatas lebih mengarah kepada hasil dari kinerja seorang pegawai terhadap pekerjaannya. Dalam hal ini pengertian kinerja lebih diarahkan kepada kemampuan dari suatu alat mempertahankan hasil serta kemampuan bekerja secara terus dan tetap menjaga kualitas hasil dari produksi mesin itu sendiri.

2.4 Pengertian Produktivitas

Pengertian produktivitas pada dasarnya mencakup sikap mental yang selalu mempunyai pandangan bahwa kehidupan hari ini harus lebih baik dari hari kemarin dan hari esok harus lebih baik dari hari ini. Cara kerja hari ini harus lebih baik dari cara kerja kemarin dan hasil yang dicapai besok harus lebih baik dari yang diperoleh hari ini (Ravianto, 1999 dikutip dalam Sulistyawan, 2007).

Produktivitas muncul karena adanya suatu proses transformasi yang berlangsung. Proses transformasi adalah serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mengolah atau mengubah sejumlah masukan (input) menjadi sejumlah keluaran (output) yang memiliki nilai tambah. Pengolahan yang terjadi bisa secara fisik maupun nonfisik. Sedangkan nilai tambah adalah nilai dari keluaran yang bertambah dalam pengertian nilai guna atau nilai ekonomisnya (Suprobo, dkk, 2013).

2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Efektivitas Peralatan Keseluruhan (*Overall Equipment Effectiveness* OEE) adalah indikator pengukuran yang dikembangkan oleh Seiichi Nakajima pada tahun 1960 yang mengevaluasi dan menunjukkan seberapa efektif peralatan operasi manufaktur yang digunakan. Hasil dinyatakan dalam bentuk generik yang memungkinkan perbandingan antara unit-unit manufaktur di industri yang berbeda (Gasperz, 2012).

Total productive maintenance (TPM) merupakan ide orisinal dari Nakajima (1988) yang menekankan pada pendayagunaan dan keterlibatan sumber daya manusia dan sistem *preventive maintenance* untuk memaksimalkan efektifitas peralatan dengan melibatkan semua departemen dan fungsional organisasi. *Total productive maintenance* didasarkan pada tiga konsep yang saling berhubungan yaitu: Maksimasi efektifitas permesinan dan peralatan, Pemeliharaan secara mandiri oleh pekerja, Aktifitas group kecil (Oktaria, 2011).

Dengan konteks ini OEE dapat dianggap sebagai proses mengkombinasikan manajemen operasi dan pemeliharaan peralatan serta sumber daya (Oktaria, 2011).

TPM memiliki dua tujuan yaitu tanpa interupsi kerusakan mesin (*zero breakdowns*) dan tanpa kerusakan produk (*zero defects*). Dengan pengurangan kedua hal tersebut di atas, tingkat penggunaan peralatan operasi akan meningkat, biaya dan persediaan akan berkurang dan selanjutnya produktifitas karyawan juga akan meningkat. Tentu saja dibutuhkan proses untuk mencapai hal tersebut bahkan membutuhkan waktu yang menurut Nakajima berkisar tiga tahun tergantung besarnya perusahaan. Sebagai langkah awal, perusahaan perlu untuk menetapkan anggaran untuk perbaikan kondisi mesin, melatih karyawan mengenai peralatan dan permesinan. Biaya aktual tergantung pada kualitas awal peralatan dan keahlian dari staf pemeliharaan. Begitu produktifitas meningkat tentu saja semua biaya ini akan tertutupi dengan cepat (Oktaria, 2011).

Semua aktifitas peningkatan kinerja pabrik dilakukan dengan meminimasi masukan dan memaksimasi keluaran. Keluaran tidak saja menyangkut produktifitas tetapi juga terhadap kualitas yang lebih baik, biaya yang lebih rendah, penyerahan tepat waktu, peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, moral yang lebih baik serta kondisi dan lingkungan kerja yang semakin menyenangkan (Oktaria, 2011).

Input Output	Keuangan			Metode Manajemen
	Manusia	Mesin	Material	
Produksi (P)	→	→	→	Pengontrolan Produksi
Kualitas (Q)	→	→	→	Pengontrolan Kualitas
Biaya (C)	→	→	→	Pengontrolan Biaya
Penyerahan (D)	→	→	→	Pengontrolan Penyerahan
Keselamatan (S)	→	→	→	Keselamatan dan polusi
Moral (M)	→	→	→	Hubungan Manusia
	Alokasi Tenaga Kerja	Engineering & Perawatan	Pengontrolan Persediaan	

Gambar 2.4 Hubungan Input Dan Output Dalam Aktifitas Produksi.
(Sumber : Nakajima, 1988 dikutip dalam Oktaria, 2011)

Dalam matriks diatas nyata bahwa keteknikan dan perawatan berhubungan langsung dengan semua faktor keluaran yaitu produksi, kualitas, biaya, penyerahan, keselamatan dan moral. Dengan peningkatan otomasi dan pengurangan tenaga kerja, proses produksi bergeser dari manual dengan tangan pekerja menjadi permesinan. Pada posisi ini peralatan dan permesinan merupakan hal yang krusial dalam meningkatkan keluaran. Semua faktor keluaran tersebut diatas sangat dipengaruhi oleh kondisi peralatan dan permesinan dengan sangat nyata (Oktaria, 2011).

Tujuan TPM adalah mempertinggi efektivitas peralatan dan memaksimalkan keluaran peralatan (PQCDSM) dengan berusaha mempertahankan dan memelihara kondisi optimal dengan maksud untuk menghindari kerusakan mesin, kerugian kecepatan, kerusakan barang dalam proses. Semua efisiensi termasuk ekonomis dicapai dengan meminimasi biaya pemeliharaan, memelihara kondisi peralatan yang optimal selama umur pakainya atau dengan kata lain, meminimasi biaya daur hidup peralatan. Maksimasi efektifitas peralatan dan minimasi biaya daur hidup peralatan dicapai dengan keterlibatan semua anggota organisasi dalam mengurangi apa yang disebut dengan enam kerugian besar (*six big losses*) yang menurunkan efektifitas peralatan (Oktaria, 2011).

Definisi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah sebuah metrik yang berfokus pada seberapa efektif suatu operasi produksi dijalankan. Hasil dinyatakan dalam bentuk yang bersifat umum sehingga memungkinkan perbandingan antara unit manufaktur di industri yang berbeda. Pengukuran OEE juga biasanya digunakan sebagai indikator kinerja utama *Key Performance Indicator* (KPI) dalam implementasi *lean manufacturing* untuk memberikan indikator keberhasilan.

OEE bukan hal baru dalam dunia industri dan manufaktur, teknik pengukurannya sudah dipelajari dalam beberapa tahun dengan tujuan penyempurnaan perhitungan. Tingkat keakuratan OEE dalam pengukuran efektifitas memberikan kesempatan kepada semua bidang manufaktur unruk

mengaplikasikan sehingga dapat dilakukan usaha perbaikan terhadap proses itu sendiri (Oktaria, 2011).

2.5.1 Tujuan Implementasi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Penggunaan OEE sebagai *performance indicator*, mengambil periode basis waktu tertentu, seperti : *shiftly*, harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan. Pengukuran OEE lebih efektif digunakan pada suatu peralatan produksi. OEE dapat digunakan dalam beberapa jenis tingkatan pada sebuah lingkungan perusahaan (Oktaria, 2011).

1. OEE dapat digunakan sebagai “*Benchmark*” untuk mengukur rencana perusahaan dalam performansi.
2. Nilai OEE, perkiraan dari suatu aliran produksi, dapat digunakan untuk membandingkan garis performansi melintang dari perusahaan, maka akan terlihat aliran yang tidak penting.
3. Jika proses permesinan dilakukan secara individual, OEE dapat mengidentifikasi mesin mana yang mempunyai performansi buruk, dan bahkan mengindikasikan fokus sumber daya TPM.

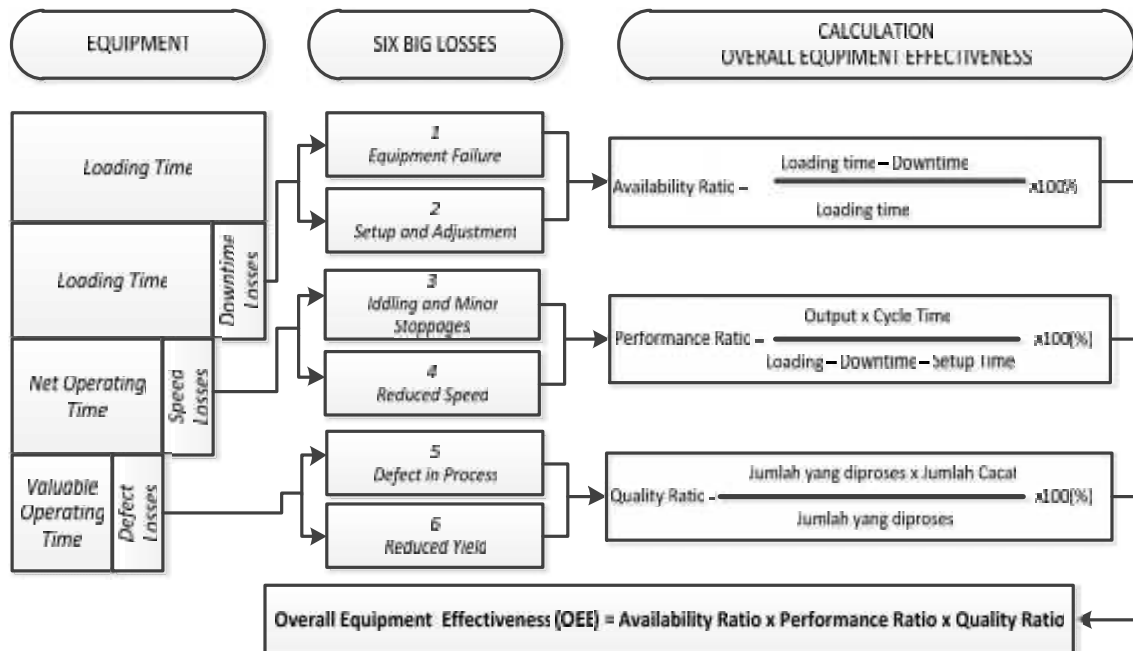
Selain untuk mengetahui performa peralatan, suatu ukuran OEE dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk keputusan pembelian peralatan baru. Dalam hal ini, pihak pengambil keputusan mengetahui dengan jelas kapasitas peralatan yang ada sehingga keputusan yang tepat dapat diambil dalam rangka memenuhi permintaan pelanggan.

Dengan menggabungkan dengan metode lain, seperti *Basic quality tools* (seperti *Pareto Analysis*, *Cause-Effect Diagram*), dengan diketahuinya nilai OEE, maka melalui metode tersebut faktor penyebab menurunnya nilai OEE dapat diketahui. Lebih lanjut, melalui faktor-faktor penyebab tersebut, tindakan-tindakan perbaikan dapat segera dilakukan sehingga dapat mengurangi usaha untuk pencarian area perbaikan.

2.5.2 Pengukuran Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Nakajima juga menyarankan *Overall Equipment Effectiveness* untuk mengevaluasi perkembangan dari TPM karena keakuratan data peralatan produksi sangat esensial terhadap kesuksesan perbaikan berkelanjutan dalam jangka panjang. Jika data tentang kerusakan peralatan produksi dan alasan kerugian-kerugian produksi tidak dimengerti, maka aktifitas apapun yang dilakukan tidak akan dapat menyelesaikan masalah penurunan kinerja sistem operasi. Kerugian produksi bersama-sama dengan biaya tidak langsung dan biaya tersembunyi merupakan mayoritas dari total biaya produksi. Itulah sebabnya Nakajima mengatakan OEE sebagai suatu pengukuran yang mencoba untuk menyatakan atau menampakkan biaya tersembunyi ini. Inilah yang menjadi salah satu kontribusi penting OEE, dengan teridentifikasinya kerugian tersembunyi merupakan pemborosan besar yang tidak disadari (Oktaria, 2011).

Secara grafis prosedur perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* digambarkan pada gambar 2.5 dimana perhitungan OEE dan semua fungsinya serta kerugian yang terjadi, dilakukan dalam beberapa tahap yang disertai dengan penjelasan yang diuraikan sebagai berikut :



Gambar 2.5 Tahapan Perhitungan OEE

Untuk mencapai efektivitas peralatan keseluruhan (*overall equipment effectiveness*), menghilangkan terjadinya kerugian utama (*six big losses*) yang dibagi dalam 3 kategori yang merupakan penghalang terhadap efektivitas peralatan, adapun *losses* tersebut adalah (Oktaria, 2011):

1. Downtime

Downtime adalah waktu dimana mesin atau peralatan tidak berfungsi sebagai mana mestinya. Dalam hal ini adanya hal-hal lain yang mengganggu pada mesin (*equipment failure*) menyebabkan waktu proses mesin berkurang. Perhitungan mencari *downtime* adalah

$$Downtime Losses = Equipment Failure Lossses + Setup \& Adjustment Losses \text{ ----- (2.1)}$$

Downtime didapat dari 2 (dua) *losses* yaitu

a. Kerusakan alat (*equipment failure atau breakdown losses*)

Equipment failure adalah kerugian yang disebabkan adanya kerusakan mesin dan peralatan yang memerlukan suatu perbaikan. Kerugian ini sebagai contoh, terdiri dari waktu rehat yang dialami pekerja dan waktu perbaikan dari mesin dan peralatan tersebut. Selain itu kerugian ini masuk dalam katagori kerugian *Downtime* yang menyerap sebagian waktu yang tersedia pada waktu yang telah dijadwalkan untuk proses produksi (*Loading Time*). Kerusakan ini walaupun menyita waktu yang sedikit dengan kisaran waktu detik hingga beberapa menit tetapi sangat mengganggu karena mengiterupsi proses secara otomatis. Latas belakang pendidikan, keahlian, sikap dan perilaku serta pengetahuan sangat mempengaruhi kerugian ini. Data tentang *operational disturbances* sangat sulit untuk dikumpulkan secara manual disebabkan berulangnya kejadian serta frekuensi kejadian yang tinggi. Adapun perhitungan sebagai berikut

$$Equipment Failure Losses = \frac{Lamanya Waktu Kerusakan Hingga Perbaikan Mesin}{Loading Time} \times 100\% \text{ ---- (2.2)}$$

b. Pengaturan dan penyesuaian (*setup and adjustment losses*)

Setup and Adjustment merupakan waktu yang terserap untuk pemasangan, penyetulan dan penyesuaian parameter mesin untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan pada saat pertama kali mulai memproduksi

komponen tertentu. Sama dengan *Equipment Failure*, *losses* ini dikategorikan dalam *Download time*. Seperti Contoh, kerugian ini dimulai diberhentikanya mesin, menurunkan *mold* dan *press tool* dengan menggunakan *hoist* atau *hand lift*, menyerahkan cetakan berikut laporannya, mengambil cetakan baru, pemasangan ke mesin, *input set-up data*, pemanasan *mold* dan *barrel* mesin hingga percobaan dan penyesuaian hingga mendapatkan spesifikasi yang ditetapkan serta diijinkan start produksi oleh seksi QC. Adapun perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Setup \& Adjustment Losses} = \frac{\text{Lamanya Waktu Persiapan dan Penyesuaian}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad \text{---(2.3)}$$

2. *Speed Losses* (Kerugian kecepatan)

Untuk mencari *speed losses* ini diperlukan data lain yaitu waktu siklus, waktu siklus ideal, persentase jam kerja dan jumlah target. Adapun cara menghitungnya sebagai berikut:

$$\text{Waktu Siklus} = \frac{\text{Loading Time}}{\text{Bahan Baku Produksi}} \quad \text{---(2.4)}$$

$$\text{Persentasi Jam kerja} = 1 - \frac{\text{Total Delay}}{\text{Available Time}} \times 100\% \quad \text{---(2.5)}$$

$$\text{Waktu siklus ideal} = \text{Waktu Siklus} \times \% \text{ Jam Kerja} \quad \text{---(2.6)}$$

$$\text{Jumlah Target} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}} \quad \text{---(2.7)}$$

$$\text{Speed Losses} = \text{Idle \& Minor Stoppage Losses} + \text{Reduced Speed Losses} \quad \text{---(2.8)}$$

a. *Idling and minor stoppages*

Idling and minor stoppages merupakan kerugian akibat berhentinya peralatan sebagai akibat terlambatnya pasokan material atau tidak adanya operator walaupun WIP tersedia. Kedua kerugian ini merupakan bagian yang menyumbang terhadap *Speed Losses*.

$$\text{Idle \& Minor Stoppage Losses} = \frac{\text{Non Pr oductive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad \text{---(2.9)}$$

b. *Reduce Speed*

Reduce Speed merupakan kerugian yang terjadi akibat peralatan dioperasikan dibawah standar kecepatan.. Sebagai pendekatan yang praktis untuk menentukan kerugian ini pada mesin, setiap parameter penyetelan yang tidak mempengaruhi kualitas produk akan diobservasi seperti kecepatan pengeleman serta posisi perubahan kecepatan yang mempengaruhi *cycle time*. Kemungkinan penyebab terjadi kerugian ini adalah ketidakmampuan operator dalam penyetelan mesin.

$$ReducedSpeedLosses = \frac{OperationTime - (IdealCycleTime \times Output)}{LoadingTime} \times 100\% \quad \text{-----} \quad (2.10)$$

3. **Quality Losses** (Kerugian Kualitas)

a. *Reduce Yield / Scrap Losses*

Reduce Yield waktu yang digunakan untuk menghasilkan produk rusak saat penyetelan dan penyesuaian untuk stabilisasi. Kerugian nisbah (*yield losses*), disebabkan material yang tidak terpakai atau sampah bahan baku. Kerugian nisbah dibagi menjadi dua bagian. Pertama berupa sampah bahan baku yang disebabkan kesalahan desain, metode manufaktur, dan peralatan yang mengalami gangguan. Kedua adalah kerusakan produksi yang disebabkan oleh adanya pengaturan presisi (*adjusting*) dan juga pada saat mesin melakukan pemanasan (belum pada kondisi kerja yang stabil) sehingga banyak terjadi kegagalan (*reject*).

$$Scrap Losses = \frac{Ideal Cycle Time \times Scrap}{loading time} 100\% \quad \text{-----} \quad (2.11)$$

b. *Defect in process and rework losses*

Defect in process yaitu waktu peralatan yang terbuang untuk menghasilkan produk jelek serta pengerjaan ulang pada saat mesin berjalan terus menerus setelah proses penyetelan dan penyesuaian. Produk seperti ini harus dibuang atau diproduksi ulang.

$$Defect Losses = \frac{(Defect In Process + Scrap losses) \times Ideal Cycle Time}{Loading Time} 100\% \quad \text{-----} \quad (2.12)$$

Dengan teridentifikasinya enam kerugian besar tersebut perencanaan program yang sistematis dan jangka panjang dengan tujuan meminimasi *losses* dapat dilaksanakan yang secara langsung akan mempengaruhi elemen-elemen penting dari perusahaan seperti produktivitas yang meningkat karena berkurangnya kerugian, kualitas juga meningkat sebagai dampak pengurangan kerusakan peralatan sehingga biaya juga menurun dengan turunya kerugian – kerugian yang terjadi serta menurunnya angka kerusakan produk. Dengan demikian waktu penyerahan dapat dijamin lebih tepat waktu karena proses produksi dapat direncanakan tanpa gangguan permesinan (Oktaria, 2011).

Keenam kerugian besar tersebut diukur untuk mengetahui berapa besar *Overall Equipment Effectiveness* sebagai fungsi dari *Availability Ratio*, *Performance Ratio* dan *Quality Ratio*.

1. *Availability Ratio*

Availability Ratio mengukur keseluruhan waktu ketika sistem tidak beroperasi karena terjadinya kerusakan alat, persiapan produksi dan penyetelan. Dengan kata lain *Availability* diukur dari total waktu dimana peralatan dioperasikan setelah dikurangi waktu kerusakan alat dan waktu persiapan dan penyesuaian mesin yang juga mengindikasikan rasio aktual antara *Operating Time* terhadap waktu operasi yang tersedia (*Planned Time Available* atau *Loading Time*). Waktu pembebanan mesin dipisahkan dari waktu produksi secara teoritis serta waktu kerusakan dan waktu perbaikan yang direncanakan. Tujuan batasan ini adalah memotivasi untuk mengurangi *Planned Downtime* melalui peningkatan efisiensi penyesuaian alat serta waktu untuk aktifitas perawatan yang sudah direncanakan (Oktaria, 2011). OEE memungkinkan untuk penentuan produksi yang hilang karena *downtime*. Adapun cara perhitungan sebagai berikut:

$$Availability Ratio = \frac{Loading Time - Downtime}{Loading Time} \times 100\% \quad \text{-----} \quad (2.13)$$

Jika nilai *Availability* 100%, artinya proses selalu berjalan dalam waktu yang sesuai dengan waktu produksi yang telah direncanakan (tidak pernah ada *downtime*) (Shiftindonesia.com, 2014).

2. *Performance Ratio*

Performance Ratio diukur sebagai rasio kecepatan operasi aktual dari peralatan dengan kecepatan ideal berdasarkan kapasitas desain. OEE memungkinkan untuk penentuan berapa banyak produksi yang hilang dalam eaktu siklus ideal. Nakajima mengatakan bahwa *Performance* mengindikasikan deviasi dari *ideal cycle time*.

$$\text{Performance Ratio} = \frac{\text{Output} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operating Time}} \times 100\% \quad \text{-----} \quad (2.14)$$

$$\text{Operating Time} = \text{Loading Time} - \text{Downtime} - \text{Setup Time} \quad \text{-----} \quad (2.15)$$

Jika ika nilai *Performance* 100%, maka proses telah berjalan dengan kecepatan maksimal (secara teoretis, berdasarkan *Ideal Cycle Time* dan *Total Pieces*) (Shiftindonesia.com, 2014).

3. *Quality Ratio*

Quality Ratio difokuskan pada kerugian kualitas berupa berapa banyak produk yang rusak yang terjadi berhubungan dengan peralatan, yang selanjutnya dikonversi menjadi waktu dengan pengertian seberapa banyak waktu peralatan yang dikonsumsi untuk menghasilkan produk yang rusak tersebut.

$$\text{Quality Ratio} = \frac{\text{Output} - \text{Reduced Yield} - \text{Re ject}}{\text{Output}} \times 100\% \quad \text{-----} \quad (2.16)$$

Jika nilai 100% untuk *Quality* artinya produksi tidak menghasilkan produk cacat sama sekali (Shiftindonesia.com, 2014).

4. *Overall Equipment Effectiveness*

Setelah ketiga perhitungan faktor diatas telah dapat diketahui, maka langkah selanjutnya adalah dengan mencari nilai dari *overall equipment effectiveness* (OEE) dengan rumus:

$$\text{Overall Equipment Effectiveness} = \text{Avaibility} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \quad \text{-----} \quad (2.17)$$

Dalam perhitungan OEE terdapat acuan tingkatan pencapaian yang telah terstandarisasi secara mendunia. Adapun standar tersebut sebagai berikut

Tabel 2.1 *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) standar dunia

OEE Factor	World Class
Availability	90.00%
Performance	95.00%
Quality	99.90%
OEE	85.00%

Sumber: *Vorne Industries*, (2008)

Berikut adalah nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan tingkat pencapaian tertentu (McKellen, 2005 dikutip dalam Malik 2013) :

1. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 100% merupakan proses produksi yang sempurna : proses manufaktur yang menghasilkan hanya produk sesuai standar dan tidak ada cacat produk, kecepatan produksi yang tinggi dengan sesuai waktu siklus dan kapasitas terpasang, tidak ada *downtime*.
2. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 85% merupakan tingkat kelas dunia (*world class level*) untuk perusahaan dengan proses produksi secara otomatisasi dengan karakteristik pabrik tertentu merupakan perusahaan tingkat global, untuk banyak perusahaan nilai rasio ini menjadi target jangka panjang.
3. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 60% merupakan pencapaian dengan tingkat yang wajar (*fairly typical level*), dan terindikasi banyak ruang perbaikan yang harus dilakukan untuk mencapai tingkat perusahaan kelas dunia.
4. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 40% merupakan tingkat pencapaian yang rendah yang biasanya di dapatkan oleh perusahaan yang baru mulai dan memiliki sistem yang baru, dan terus melakukan perbaikan dalam mengidentifikasi kinerja perusahaannya.

2.6 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Mengevaluasi perencanaan sistem dari sudut pandang reliability, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode yang vital. Sejarah FMEA berawal pada tahun 1950 ketika teknik tersebut digunakan dalam merancang dan

mengembangkan sistem kendali penerbangan. Sejak saat itu teknik FMEA diterima dengan baik oleh industri luas (Nurkertamanda, dkk, 2009).

Terdapat standar yang berhubungan dengan metode FMEA. Standar Inggris yang digunakan secara garis besar menjelaskan BS 5760 atau *British Standar 5760*, yaitu :

1. Bagian 2 *Guide To The Assesment Of Reliability*
2. Bagian 3 *Guide To Reliability practice*
3. Bagian 5 *Guide Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) memberikan pedoman dalam pengaplikasian teknik tersebut.

Selain itu ada juga standar militer Amerika, US MIL STD 1629 (*procedure for performing a failure modes effect and criticality analysis*) yang banyak dipertimbangkan menjadi referensi standar (Nurkertamanda, dkk, 2009).

Arti FMEA dalam penggalan kata sebagai berikut (Wawolumaja, dkk, 2013):

- *Failure* : prediksi kemungkinan kegagalan atau *defect*
- *Mode* : penentuan mode kegagalan
- *Effect* : identifikasi pengaruh tiap komponen terhadap kegagalan
- *Analysis* : tindakan perbaikan berdasarkan hasil evaluasi terhadap penyebab

Failure modes and Effect Anlysis (FMEA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berpotensi untuk timbul, menentukan pengaruh resiko kecelakaan kerja, dan mengidentifikasi tindakan untuk me-mitigasi resiko tersebut (Crow, 2002 dikutip dalam Kustiyaningsih, 2011).

2.6.1 Definisi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Para ahli memiliki beberapa defenisi mengenai *failure modes and effect analysis*, definisi tersebut memiliki arti yang cukup luas dan apabila dievaluasi lebih dalam memiliki arti yang serupa.

Menurut Roger D. Leitch (dalam Kustiyaningsih, 2011), definisi dari *failure modes and effect analysis* adalah analisa teknik yang apabila dilakukan

dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari *engineer* selama perancangan dan pengembangan. Analisa tersebut bisa disebut analisa “*bottom up*”, seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi dan mempertimbangkan kegagalan yang berbeda.

Menurut John Moubrey (dalam Kustiyaningsih, 2011), definisi dari *failure modes and effect analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

FMEA adalah teknik *engineering* yang digunakan untuk mengidentifikasi, memprioritaskan, dan mengurangi permasalahan dari sistem, desain, atau proses sebelum permasalahan tersebut terjadi (Kmentha, 1999 dikutip dalam Nurkertamanda, 2009).

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah metodologi yang dirancang untuk mengidentifikasi moda kegagalan potensial pada suatu produk atau proses sebelum terjadi, mempertimbangkan resiko yang berkaitan dengan moda kegagalan tersebut, mengidentifikasi serta melaksanakan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang paling penting (Reliability, 2002 dikutip dalam Nurkertamanda, 2009).

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah alat yang digunakan secara luas pada industri otomotif, aerospace, dan elektronik untuk mengidentifikasi, memprioritaskan, dan mengeliminasi potensi kegagalan, masalah, dan kesalahan sistem pada desain sebelum produk diluncurkan (J. Rhee, 2002 dikutip dalam Nurkertamanda, 2009).

2.6.2 4 (Empat) Tipe Dasar *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Adapun tipe yang ada pada FMEA yaitu sebagai berikut (wawolumaja,dkk,2013);

1. Sistem FMEA

Sistem FMEA dapat digunakan untuk menganalisis suatu sistem pada tingkatan / level manapun, dari *piece – part level* sampai *system level*.

Pada tingkat / level terendah, FMEA dapat dilakukan dengan cara memperhatikan setiap komponen di dalam sistem untuk menentukan bagaimana kemungkinan yang dapat menimbulkan kegagalan dan efeknya terhadap sistem.

2. Design FMEA

Design FMEA dilakukan pada suatu produk atau jasa / *service* pada level design, selama tahapan desain. Tujuannya adalah untuk menganalisis suatu sistem desain dan menentukan bagaimana *failure mode* mempengaruhi pengoperasian sistem.

3. Proses FMEA

Proses FMEA dilakukan pada proses manufaktur / pabrikasi. FMEA dapat digunakan untuk mengidentifikasi *failure modes* yang mungkin terjadi di dalam proses manufaktur, peralatan, *tooling gauges*, pelatihan operator, atau sumber-sumber kesalahan potensial lainnya.

4. Fungsional FMEA

Fungsional FMEA dikenal juga dengan “*Black Box*” FMEA. FMEA tipe ini lebih berfokus pada kegunaan atau fungsi yang diharapkan (*intended function*) dari suatu komponen atau subsistem.

2.6.3 Peran dan Kegunaan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA dalam penerapannya memberikan peran sebagai evaluasi sistematis produk dan proses, pembuktian kegagalan, identifikasi kegagalan, dokumentasi potensial untuk produk atau proses yang tidak memenuhi syarat (Wawolumaja, dkk, 2013).

Selain itu kegunaan dari FMEA ialah sebagai berikut (Wawolumaja, dkk, 2013) :

1. Meningkatkan kualitas, reliability, dan keamanan dari produk atau pelayanan, permesinan dan proses.
2. Meningkatkan *company image* dan *competitiveness*.
3. Meningkatkan kepuasan konsumen (*customer satisfaction*).

4. Mengurangi waktu dan biaya untuk pengembangan produk (*supportintegrated product development*).
5. Pendataan dan catatan tindakan yang diambil untuk mengurangi resiko (*Documents and tracks action taken to reduce risk*).
6. Mengurangi potensi terhadap kekhawatiran jaminan atau garansi (*Reduces potential for Warranty concerns*).
7. Terintegrasi dengan desain untuk manufaktur dan teknik perakitan (*Integrates with Design for Manufacturing & Assembly Techniques*).

2.6.4 Waktu Penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Sebagai alat mengidentifikasi kegagalan dalam hal manufaktur tentunya harus tahu kapan sebaiknya digunakan FMEA tersebut. FMEA dapat digunakan dengan waktu sebagai berikut (asq.org, 2014) :

1. Ketika sebuah proses, produk atau jasa sedang dirancang atau didesain ulang, setelah fungsi penyebaran kualitas.
2. Ketika sebuah proses, produk atau layanan yang ada sedang diterapkan dengan cara yang baru.
3. Sebelum mengembangkan rencana kontrol untuk proses baru atau diubah.
4. Ketika tujuan perbaikan yang direncanakan untuk proses, produk atau jasa yang sudah ada.
5. Ketika menganalisis kegagalan dari proses, produk atau jasa yang sudah ada.
6. Berkala sepanjang masa proses, produk atau jasa

2.6.5 Langkah-langkah Pembuatan FMEA

Langkah –langkah pembuatan FMEA adalah sebagai berikut:

1. Penjabaran produk atau proses beserta fungsinya
2. Membuat blok diagram yaitu diagram yang menunjukkan komponen atau langkah proses sebagai blok yang terhubung oleh garis yang menunjukkan bagaimana komponen atau langkah tersebut berhubungan.
3. Membuat formulir FMEA, yang berisi produk/sistem, subsistem, subproses, komponen, pemimpin desain, pembuat FMEA, revisi serta

tanggal revisi, Formulir ini dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan.

4. Mendaftar item atau fungsi menggunakan diagram FMEA.
5. Mengidentifikasi potensi kegagalan, yaitu kondisi dimana komponen, subsistem, system, ataupun proses tidak sesuai dengan desain yang telah ditetapkan.
6. Mendaftar setiap kegagalan secara teknis, untuk fungsi dari setiap komponen atau langkah-langkah proses.
7. Mendeskripsikan efek penyebab dari setiap kegagalan, sesuai dengan persepsi konsumen.
8. Mengidentifikasi penyebab dari setiap kegagalan.
9. Menentukan faktor *probabilitas*, yaitu pembobotan numerik, pada setiap penyebab yang menunjukkan setiap keseringan penyebab tersebut terjadi. Skala yang biasanya digunakan adalah 1 untuk menunjukkan tidak sering dan 10 untuk menunjukkan sering terjadi.
10. Identifikasi kontrol yang ada, yaitu mekanisme yang mencegah penyebab kegagalan terjadi atau mekanisme yang mampu mendeteksi kegagalan sebelum sampai ke konsumen.
11. Menentukan kemungkinan dari deteksi
12. *Review Risk Priority Number (RPN)*, yaitu hasil perkalian antara variabel *Severity*; keseriusan akibat kesalahan terhadap proses, *Occurance*; keseringan terjadi kesalahan, *Detection*; alat kontrol akibat penyebab yang potensial (*detection*).
13. Menentukan rekomendasi untuk kegagalan potensial yang memiliki RPN tinggi.

2.6.6 Menentukan Nilai *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, *Detection (D)*, Dan *Risk Priority Number (RPN)*

Pendefinisian dari nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* harus ditentukan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai *risk priority number*. Pendefinisian ini dapat disesuaikan kembali dengan keadaan dilapangan. Berikut merupakan langkah-langkah sebagai acuan dalam pendefinisian nilai-nilai tersebut :

1. *Severity (S)*

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. *Severity* adalah suatu perkiraan subyektif mengenai kerumitan suatu kegagalan dan bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut. Dampak tersebut dirancang mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Dampak tersebut diranking mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk.

Tabel 2.2 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Severity of Effects* dalam FMEA *Process*

Rating	Dampak (<i>effect</i>)	Kriteria Verbal	Dampak Pada Produksi
1	Tidak ada dampak	Tidak berdampak apa-apa bila komponen mesin rusak.	Proses berada dalam pengendalian dengan tanpa penyesuaian yang diperlukan
2	Dampak sangat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan uamh tidak berarti. Dampak hanya diketahui oleh operator berpengalaman.	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian
3	Dampak ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terdapat sedikit gangguan. Dampak diketahui oleh rata-rata operator.	Proses berada diluar pengendalian, beberapa penyesuaian diperlukan
4	Dampak minor	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun terdapat sedikit gangguan kecil. Dampak diketahui oleh semua operator.	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i> atau tidak ada kehilangan waktu produksi
5	Dampak moderat	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun telah menimbulkan beberapa kegagalan produk. Operator merasa tidak puas, karena tingkat kinerja berkurang	30-60 menit <i>downtime</i>
6	Dampak signifikan	Mesin tetap dapat beroperasi dan aman, tetapi menimbulkan kegagalan produk. Operator merasa sangat tidak puas dengan kinerja mesin.	1-2 jam <i>downtime</i>
7	Dampak major	Mesin tetap beroperasi dan aman tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Operator merasa sangat tidak puas.	2-4 jam <i>downtime</i>
8	Dampak ekstrim	Mesin tidak dapat beroperasi telah kehilangan fungsi utama mesin.	4-8 jam <i>downtime</i>
9	Dampak serius	Mesin gagal beroperasi serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja.	Lebih besar dari 8 jam <i>downtime</i>
10	Dampak Berbahaya	Mesin tidak layak dioperasikan karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba. Bertentangan dengan peraturan keselamatan dan kesehatan kerja (K3).	Lebih besar dari 8 jam <i>downtime</i>

Sumber : Gaspersz, 2012

2. *Occurrence (O)*

Occurrence (interval kejadian) merupakan suatu penilaian mengenai interval atau jarak yang mungkin terjadi dari suatu kegagalan yang melekat pada suatu produk pada suatu periode tertentu. *Occurrence* adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan (*Possible failure rates*). Untuk mengetahui penilaian ini juga diperlukan adanya perankingan untuk masing-masing kategori yang ditetapkan. Adapun skala perhitungan interval kejadian sebagai berikut:

Tabel 2.3 Rating *Occurrence (O)*

Rating	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Kerusakan
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	Lebih besar dari 10.000 jam operasi mesin
2	Remote	Kerusakan jarang terjadi	6.001-10.000 jam operasi mesin
3	Sangat sedikit	Kerusakan terjadi sangat sedikit	3.001-6.000 jam operasi mesin
4	Sedikit	Kerusakan terjadi sedikit	2.001-3.000 jam operasi mesin
5	Rendah	Kerusakan yang terjadi rendah	1.001-2.000 jam operasi mesin
6	Medium	Kerusakan terjadi pada tingkat medium	401-1.000 jam operasi mesin
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi	101-400 jam operasi mesin
8	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi	11-100 jam operasi mesin
9	Sangat tinggi	Kerusakan terjadi sangat tinggi	2-10 jam operasi mesin
10	Hampir selalu	Kerusakan selalu terjadi	Kurang dari 2 jam operasi mesin

Sumber : Gasperz, 2012

3. *Detection (D)*

Detection merupakan pengukuran terhadap kemampuan mendeteksi atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. *Detection* menggunakan penilaian denganskala dari 1 sampai 10. Tingkat kemampuan untuk dideteksi dijelaskan pada tabel 2.4 sesuai standar.

Tabel 2.4 *Detection (D) Ranking*

Rating	Kejadian	Kriteria Verbal
1	Hampir pasti	Perawatan preventif akan selalu mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
4	Cukup tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan cukup tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
5	Sedang	Perawatan preventif memiliki kemungkinan biasa untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
8	Sedikit	Perawatan preventif memiliki sedikit kemungkinan untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
9	Sangat Sedikit	Perawatan preventif memiliki sangat sedikit kemungkinan untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
10	Tidak Pasti	Perawatan preventif akan selalu tidak mampu untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan

Sumber : Gaspersz, 2012

4. *Risk Priority Number*

Risk Priority Number merupakan produk matematis dari tingkat keparahan, tingkat keseringan atau kemungkinan terjadinya penyebab akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan pengaruh, dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi. Untuk mendapatkan nilai RPN, dapat ditunjukkan dengan persamaan dibawa ini :

$$RPN = S \times O \times D \text{ ----- (2.18)}$$

Dimana,

S = *Severity*.

O = *Occurance*.

D = *Detection*.

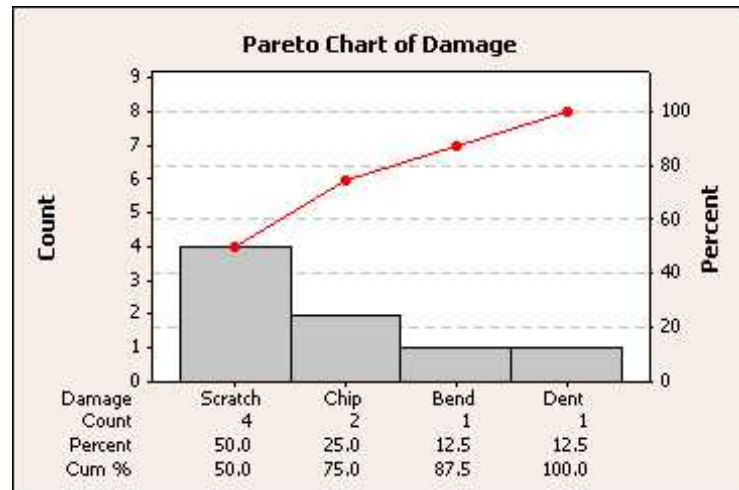
Melalui nilai RPN ini akan memberikan informasi bentuk kegagalan atau kecelakaan kerja yang mendapatkan prioritas penanganan.

2.7 Diagram Pareto (*Pareto Chart*)

Diagram pareto diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Alfredo Pareto (1884-1923). Diagram pareto merupakan suatu alat untuk melihat permasalahan yang paling tinggi prioritasnya. Divisualisasikan dalam sebuah diagram yang disusun mulai dari data terbesar atau terbanyak. Kegunaannya untuk menunjukkan dengan jelas dan mudah jenis data yang terbesar serta menunjukkan perbandingan masing-masing jenis terhadap keseluruhan. Diagram pareto adalah grafik yang digunakan untuk melihat penyebab terbesar suatu masalah. Grafik ini menampilkan distribusi variabel data-data, seperti permasalahan, complain, penyebab, tipe-tipe *non-conformities* (Yuri, 2013 dikutip dalam Prastiyo, 2013).

Diagram pareto merupakan metode untuk menentukan masalah mana yang harus dikerjakan terlebih dahulu. *Pareto chart*, mendasarkan keputusannya pada data kuantitatif. Diagram pareto juga dapat mengidentifikasi suatu masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan memberikan petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah (Mitra, 1993 dikutip dalam Prastiyo, 2013). Selain itu, diagram pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses (Ariyanti, 2012 dikutip dalam Prastiyo, 2013).

Diagram pareto dibuat untuk menemukan atau mengetahui masalah atau penyebab yang merupakan kunci dalam penyelesaian masalah dan perbandingan terhadap keseluruhan. Dengan mengetahui penyebab-penyebab yang dominan maka kita akan bisa menetapkan prioritas perbaikan. Perbaikan pada faktor penyebab yang dominan ini akan membawa pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penyelesaian penyebab yang tidak berarti (Rosnani, 2007 dikutip dalam Prastiyo, 2013). Berikut contoh dari diagram pareto:



Gambar 2.6 Contoh Diagram Pareto
 Sumber: *Minitab 15 Statistical Software*, 2014

Diagram pareto dapat digunakan untuk (Haming, 2007 dikutip dalam Prastiyo, 2013):

1. Ketika melakukan penelitian atas data yang ada tentang frekuensi permasalahan dan penyebabnya dalam suatu proses produksi.
2. Ketika dijumpai banyak penyebab atau permasalahan yang ingin dijadikan fokus dengan cara yang signifikan.
3. Ketika melakukan pengidentifikasian analisis penyebab secara luas dan ingin memperhatikan komponen penyebab yang spesifik.
4. Ketika mengkomunikasikan data yang ada dengan pihak lain.

Adapun prosedur aplikasi dari diagram pareto ini antara lain (Haming, 2007 dikutip dalam Prastiyo, 2013):

1. Identifikasi katagori atau penyebab dari masalah yang akan di bandingkan. Setelah itu merencanakan dan melaksanakan pengumpulan data.
2. Membuat suatu ringkasan daftar atau tabel yang mencatat frekuensi kejadian dari masalah yang telah diteliti dengan menggunakan formulir pengumpulan data atau lembar periksa.
3. Buat daftar masalah secara berurutan berdasarkan frekuensi kejadian dari yang tertinggi sampai terendah serta hitunglah frekuensi kumulatif, persentase dari total kejadian, dan persentase dari total kejadian secara kumulatif.

4. Menggambar dua buah garis vertikal dan sebuah garis horizontal
5. Buat histogram pada diagram pareto.
6. Gambar kurva kumulatif serta cantumkan nilai-nilai kumulatif (total kumulatif atau persentase kumulatif) sebelah kanan atas dari interval setiap item masalah.
7. Putuskan untuk pengambilan tindakan perbaikan atas penyebab utama dari masalah yang sedang terjadi.