

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Pengertian dan Tujuan *Maintenance*

2.1.1 Pengertian *Maintenance*

Suatu industri manufaktur mesin-mesin dan peralatan yang telah tersedia dan siap pakai dibutuhkan setiap saat proses produksi akan dimulai. Fungsi mesin/peralatan yang digunakan dalam proses produksi tersebut akan mengalami kerusakan sejalan dengan semakin menurunnya kemampuan mesin/peralatan tersebut, tetapi usia kegunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan secara berkala melalui suatu aktivitas pemeliharaan yang tepat. Perawatan atau *maintenance* dapat didefinisikan sebagai sebuah aktivitas yang dibutuhkan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai (Sudrajat, 2011 dalam Asyrof Arifianto, 2018).

Kerusakan yang terjadi pada mesin/peralatan dapat terjadi karena banyak sebab dan terjadi pada waktu yang berbeda sepanjang umur mesin/peralatan tersebut digunakan. Oleh karena itulah dalam usaha mencegah dan berusaha untuk menghilangkan kerusakan yang mungkin timbul ketika proses produksi berjalan, dibutuhkan cara dan metode untuk mengantisipasinya dengan melakukan kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan. Pemeliharaan adalah semua tindakan teknis dan administratif yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi mesin/peralatan tetap baik dan dapat melakukan segala fungsinya dengan baik, efisien, dan ekonomis sesuai dengan tingkat keamanan yang tinggi.

Pada dasarnya hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan (*equipment maintenance*) mencakup dua hal sebagai berikut :

- a. *Condition maintenance* yaitu mempertahankan kondisi mesin/peralatan agar berfungsi dengan baik sehingga komponen-komponen yang terdapat dalam mesin juga berfungsi sesuai dengan umur ekonomisnya.

- b. *Replacement maintenance* yaitu melakukan tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelum kerusakan terjadi.

2.1.2 Tujuan *Maintenance*

Maintenance dilakukan pada mesin/peralatan sebuah perusahaan dengan maksud agar tujuan komersil perusahaan tersebut tercapai, dan juga kegiatan *maintenance* yang dilakukan adalah untuk mencegah hal-hal yang tak diinginkan seperti terjadinya kerusakan yang terlalu cepat dimana kerusakan tersebut bisa saja berasal dari keausan dan ketuaan akibat pengoperasian yang salah. Karena *maintenance* adalah kegiatan pendukung bagi tujuan komersial, maka seperti kegiatan lainnya, *maintenance* harus efektif, efisien dan berbiaya rendah. Dengan adanya kegiatan *maintenance* ini, maka mesin/peralatan produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama mesin/peralatan tersebut dipergunakan atau sebelum jangka waktu yang telah direncanakan tercapai. Beberapa tujuan *maintenance* yang utama diantaranya adalah:

- a. Menjaga agar setiap mesin/peralatan dalam sistem produksi berada dalam kondisi baik dan dalam keadaan berfungsi dengan baik.
- b. Untuk memperpanjang umur manfaat dari mesin/peralatan.
- c. Memaksimalkan ketersediaan semua mesin/peralatan yang dipasang untuk produksi (mengurangi *downtime*).
- d. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi.
- e. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktunya.
- f. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.2 Jenis - jenis *Maintenance*

Kegiatan *maintenance* (pemeliharaan) yang dilakukan dalam suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas dua macam yaitu *planned maintenance* (pemeliharaan terencana) dan *unplanned maintenance* (pemeliharaan tak terencana).

2.2.1 *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terencana)

Planned maintenance (pemeliharaan terencana) adalah pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu program *maintenance* yang akan dilakukan harus dinamis dan memerlukan pengawasan dan pengendalian secara aktif dari bagian *maintenance* melalui informasi dari catatan riwayat mesin/peralatan. Konsep *planned maintenance* ditujukan untuk dapat mengatasi masalah yang dihadapi manajer dengan pelaksanaan kegiatan *maintenance*. Komunikasi dapat diperbaiki dengan informasi yang dapat memberi data yang lengkap untuk mengambil keputusan. Adapun data yang penting dalam kegiatan *maintenance* antara lain laporan permintaan pemeliharaan, laporan pemeriksaan, laporan perbaikan, dan lain-lain.

a. Keuntungan dilakukannya *planned maintenance* antara lain :

1. Mengurangi *downtime*, *corrective maintenance*, dan menaikkan *up-time*.
2. Memperpanjang interval waktu *overhaul* dan umur mesin/peralatan.
3. Meningkatkan efisiensi mesin/peralatan serta penjadwalan tenaga kerja yang lebih efektif.
4. Mengurangi jumlah mesin untuk *stand by* dan jumlah persediaan suku cadang.
5. Distribusi pekerjaan antara tenaga kerja secara seimbang.
6. Mengurangi jam lembur.
7. Dapat menstandarkan prosedur kerja, biaya dan waktu menyelesaikan pekerjaan.
8. Dapat meningkatkan produksi dan penghematan biaya.

b. Kerugian dilaksanakan *planned maintenance* antara lain adalah :

1. Biaya awal untuk pembentukan *preventive maintenance* yang tinggi.
2. Dengan *planned maintenance* mesin/peralatan akan lebih sering diperiksa/ditangani dan jika salah penanganan justru dapat menimbulkan kerugian.
3. Pemakaian suku cadang ternyata lebih baik, karena komponen yang kondisinya menurun tidak ditunggu sampai betul-betul rusak.

Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) terdiri dari tiga bentuk pelaksanaan, yaitu :

a. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Preventive maintenance (pemeliharaan pencegahan) adalah tindakan-tindakan maintenance yang dilakukan ketika dan selama mesin/peralatan sedang beroperasi dengan baik, sebelum mesin/peralatan tersebut rusak yang bertujuan untuk menjaga agar mesin/peralatan tidak rusak dan mendeteksi gejala akan terjadinya kerusakan secara dini, sehingga dapat bertindak untuk mengadakan perbaikan sebelum mesin/peralatan mengalami *breakdown*. Gambaran yang diperoleh dari pengertian di atas adalah bahwa kegiatan pemeliharaan pencegahan yang paling penting adalah pemeriksaan (*inspection*), yang meliputi pemeriksaan terhadap semua mesin/peralatan produksi yang sesuai dengan rencana dan pembuatan laporan-laporan dari hasil pemeriksaan. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang dikenai *preventive maintenance* akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat.

Secara umum tujuan dari *preventive maintenance* adalah :

1. Meminimumkan *downtime* serta meningkatkan kehandalan mesin/peralatan dan agar menjaga mesin/peralatan dapat berfungsi tanpa gangguan.
2. Meningkatkan efisiensi dan umur ekonomis mesin/peralatan.

Menurut *The Japan Institute of Plan Maintenance* (dalam Roy U Manurung, 2014), Kegiatan utama yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan dan tetap menjaga agar mesin berfungsi dengan baik meliputi tiga hal :

1. Pemeliharaan harian untuk mencegah terjadinya pemburukan (*deterioration*) mesin meliputi kegiatan membersihkan (*cleaning*), memeriksa (*checking*), pelumasan (*lubricating*) dan pengencangan baut/mur mesin (*tightening*).
2. Pemeliharaan berkala (*periodic inspection*) untuk mencari gejala memburuknya kondisi mesin yang mungkin terjadi.
3. Melaksanakan perbaikan (*restorations*) jika terdapat kerusakan pada mesin ataupun melakukan perbaikan untuk mencegah kerusakan yang mungkin timbul sebelum terjadi.

Kegiatan *preventive maintenance* sangat penting bagi mesin/peralatan produksi yang bersipat kritis (*critical unit*). Sebuah mesin/peralatan produksi termasuk dalam critical unit apabila :

- a. Kerusakan mesin/peralatan akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan dan akan dapat menyebabkan kemacetan proses produksi.
- b. Kerusakan mesin/peralatan akan membahayakan keselamatan atau kesehatan para pekerja.
- c. Modal yang ditanamkan pada mesin/peralatan tersebut atau harga dari mesin/peralatan tersebut mahal.

Ciri-ciri *preventive maintenance* antara lain :

1. Maintenance dilakukan ini terencana dan terjadwal.
2. Mesin/peralatan yang akan dirawat telah teridentifikasi dan telah diuraikan menjadi komponen-komponennya (tertulis dalam daftar).

3. Untuk setiap komponen dilakukan tindakan-tindakan maintenance yang telah ditetapkan secara rutin pada interval-interval waktu tertentu.
4. Sebagian besar kegiatan maintenance dilakukan pada komponen mesin pada keadaan mesin masih bekerja, dan sebagian pada keadaan masih berhenti.

Dalam prakteknya, *preventive maintenance* yang dilakukan dibedakan dua bagian, yaitu :

1. *Routine Maintenance* (Pemeliharaan Rutin)

Routine maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin, setiap hari yang dapat berupa penyetelan (*setting*), pelumasan mesin selama beberapa menit sebelum digunakan setiap hari.

2. *Periodic Maintenance* (Pemeliharaan Periodik)

Periodic maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu, misalnya seminggu sekali, sebulan sekali, setahun sekali, dengan memakai lamanya jam kerja mesin atau fasilitas produksi tersebut sebagai jadwal pelaksanaannya, misalnya setiap seratus jam kerja mesin, dan seterusnya. *Periodic maintenance* ini dapat berupa pemeriksaan sistem kerja komponen mesin/peralatan, atau dapat berupa penyetelan dan pemeriksaan katup-katup pemasukan/pengeluaran minyak.

- b. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Corrective maintenance (pemeliharaan perbaikan) adalah suatu kegiatan *maintenance* yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada mesin/peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. *Corrective maintenance* menuntut para operator yang mengoperasikan mesin/peralatan untuk melaksanakan dua hal yang mencakup :

1. Mencatat hasil yang diperoleh dari inspeksi harian mencakup semua kerusakan-kerusakan yang timbul secara detil dan terperinci.
2. Secara aktif ikut berperan untuk memberikan ide-ide yang membangun bertujuan pencegahan terjadinya kerusakan mesin/peralatan dan mengantisipasi kondisi yang memungkinkan akan mengakibatkan kerusakan mesin/peralatan.

c. *Predictive Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Predictive maintenance adalah tingkatan-tingkatan *maintenance* yang dilakukan pada tanggal yang telah ditetapkan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data operasi yang diambil pada interval-interval waktu tertentu. Data rekaman yang untuk melakukan *predictive maintenance* itu dapat berupa data getaran, temperatur, vibrasi, *flow rate* dan lain-lainnya. Perencanaan *predictive maintenance* dapat dilakukan berdasarkan laporan oleh operator lapangan yang diajukan melalui *work order* ke departemen *maintenance* untuk dilakukan tindakan yang tepat sehingga tidak akan merugikan perusahaan.

2.2.2 *Unplanned Maintenance* (Pemeliharaan Tak Terencana)

Unplanned maintenance biasanya berupa *breakdown/emergency maintenance*. *Breakdown/emergency maintenance* (pemeliharaan darurat) adalah tindakan *maintenance* yang tidak akan dilakukan pada mesin/peralatan yang masih dapat beroperasi, sampai mesin/peralatan tersebut rusak dan tidak dapat berfungsi lagi. Melalui bentuk pelaksanaan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan pemeliharaan tersebut akan dapat memperpanjang umur pakai dari mesin/peralatan, dan dapat memperkecil frekuensi kerusakan.

2.3 Tugas dan Pelaksanaan Kegiatan *Maintenance*

Maintenance adalah untuk dapat memelihara reliabilitas sistem pengoperasian pada tingkat yang dapat diterima dan tetap memaksimalkan laba dan meminimumkan biaya. *Maintenance* yang cenderung untuk memperbaiki reliabilitas sistem, termasuk pada kategori kebijaksanaan pokok yang dapat diperinci sebagai berikut :

- a. Kebijakan yang cenderung untuk mengurangi frekuensi kerusakan peralatan produksi.
- b. Kebijakan-kebijaksanaan untuk kegiatan pemeliharaan dilaksanakan dengan mempertimbangkan dua hal yaitu penggantian mesin/peralatan dan pelaksanaan reperasi serta didukung oleh keahlian dan keterampilan teknikal.
- c. Penggantian peralatan tersebut harus berdasarkan pada :
 1. Perhitungan terhadap semua faktor biaya.
 2. Analisa nilai ekonomis mesin/peralatan lama dan mesin/peralatan baru.
 3. Cadangan mesin/peralatan yang harus segera dimanfaatkan.

Seluruh kegiatan maintenance dapat digolongkan ke dalam salah satu dari lima tugas pokok berikut, yaitu :

- a. Inspeksi (*Inspection*)

Kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala (*routine schedule check*) terhadap mesin/peralatan sesuai dengan rencana yang bertujuan untuk mengetahui apakah perusahaan selalu mempunyai fasilitas mesin/peralatan yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi.
- b. Kegiatan Teknik (*Engineering*)

Kegiatan teknik meliputi kegiatan percobaan atas peralatan yang baru dibeli, dan kegiatan pengembangan komponen atau peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap

kemungkinan pengembangan komponen atau peralatan, juga berusaha untuk mencegah timbulnya seminimal mungkin terjadinya kerusakan.

c. Kegiatan Produksi

Kegiatan produksi merupakan kegiatan pemeliharaan yang sebenarnya, yaitu memperbaiki mesin/peralatan produksi.

d. Kegiatan Administrasi

Kegiatan administrasi merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan kegiatan pemeliharaan, penyusunan *planning* dan *scheduling*, yaitu rencana kapan suatu mesin/peralatan tersebut harus diperiksa, diservis dan diperbaiki.

e. Pemeliharaan Bangunan

Kegiatan pemeliharaan bangunan merupakan kegiatan yang tidak termasuk dalam kegiatan teknik dan produksi dari bagian maintenance.

Pelaksanaan kegiatan *maintenance* dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu :

a. Sentralisasi

1. Mudah berkomunikasi antar bagian bidang keahlian yang beragam.
2. Kemungkinan untuk memiliki peralatan canggih yang cukup besar.
3. Tingkat keahlian yang dimiliki unit akan lebih tinggi.
4. Fasilitas training dapat diadakan.

b. Desentralisasi

1. Mengurangi waktu perjalanan dari dan ke lokasi perawatan.
2. Mengetahui dan menguasai peralatan dengan lebih mendalam.
Perhatian terhadap alat lebih besar sehingga perawatan lebih teliti.

2.4 *Total Productive Maintenance (TPM)*

2.4.1 **Pendahuluan**

Manajemen pemeliharaan mesin/peralatan modern dimulai dengan apa yang disebut *preventive maintenance* yang kemudian berkembang menjadi *productive maintenance*. Kedua metode pemeliharaan ini umumnya disingkat dengan PM dan pertama kali diterapkan oleh industri-industri manufaktur di Amerika Serikat dan pusat segala kegiatannya ditempatkan pada satu departemen yang disebut dengan maintenance department.

Preventive maintenance mulai dikenal pada tahun 1950-an, yang kemudian berkembang seiring dengan berkembangnya teknologi yang ada dan kemudian pada tahun 1960-an muncul apa yang disebut dengan *productive maintenance*. *Total productive maintenance (TPM)* mulai dikembangkan pada tahun 1970-an pada perusahaan Nippondenso Co. di negara Jepang yang merupakan pengembangan konsep *maintenance* yang diterapkan pada perusahaan industri manufaktur Amerika Serikat yang disebut *preventive maintenance*.

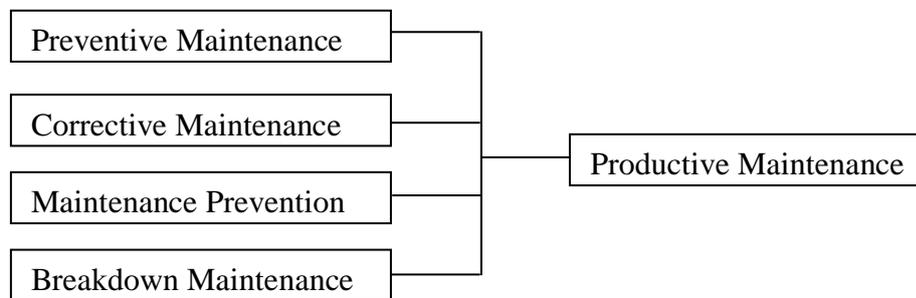
Mempertahankan kondisi mesin/peralatan yang mendukung pelaksanaan proses produksi merupakan komponen yang penting dalam pelaksanaan pemeliharaan unit produksi. Tujuan dari pemeliharaan produktif (*productive maintenance*) adalah untuk mencapai apa yang disebut dengan profitable PM seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Dimana kita tidak hanya berusaha mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan dan cacat yang mungkin terjadi pada mesin/peralatan produksi, tetapi juga melaksanakan semua tindakan *maintenance* tersebut secara efisien dan ekonomis.

Menurut *The Japan Institute of Plan Maintenance* (dalam Roy U Manurung, 2014), Untuk bisa mencapai apa yang disebut profitable PM (*productive maintenance*) kita harus melaksanakan tindakan-tindakan *maintenance* yang mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- a. *Preventive Maintenance* (mencegah timbulnya kerusakan).
- b. *Corrective Maintenance* (melaksanakan pengembangan dan modifikasi pada mesin/peralatan untuk mencegah kerusakan dan membuat langkah-langkah pelaksanaan perbaikan yang lebih mudah).

- c. *Maintenance Prevention* (merancang dan menciptakan alat yang hanya membutuhkann sedikit pemeliharaan).
- d. *Breakdown Maintenance* (melaksanakan perbaikan jika terjadi kerusakan).

TPM merupakan pengembangan ide dari *productive maintenance* atau *profitable PM*. TPM berkembang dari kegiatan sistem *maintenance* tradisional yang melibatkan semua departemen dan semua orang untuk ikut berpartisipasi dan mengemban tanggung jawab dalam manajemen mesin/peralatan. Aspek yang membedakan TPM dengan PM adalah pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*) ini dilaksanakan oleh operator pada bagian produksi untuk membantu mereka dapat menangani dan merawat mesin/peralatan mereka sendiri.



Gambar 2.1 Diagram Profiable PM (Sumber: *Shirose, Kunio, 1995*)

Pada sistem *maintenance* Amerika (*American-style PM*), departemen *maintenance* adalah bagian yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan PM hal ini mencerminkan ciri konsep pembagian divisi tenaga kerja yang diatur olehserikat buruh Amerika. Sedangkan pada *Japanese-syle PM*, atau juga dikenal sebagai TPM malah sebaliknya tidak tergantung pada departemen *maintenance* saja tetapi mengandalkan partisipasi dari semua orang pada semua level yang lebih umum disebut pemeliharaan mandiri atau *autonomous maintenance by operators*.

2.4.2 Pengertian *Total Productive Maintenance* (TPM)

TPM adalah hubungan kerjasama yang erat antara perawatan dan organisasi produksi secara menyeluruh yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi *waste*, mengurangi biaya produksi, meningkatkan kemampuan peralatan dan pengembangan dari keseluruhan sistem perawatan pada perusahaan manufaktur.

Secara menyeluruh definisi dari *total productive maintenance* (TPM) menurut Nakajima mencakup lima elemen berikut :

- a. TPM bertujuan untuk menciptakan suatu sistem *preventive maintenance* (PM) untuk memperpanjang umur penggunaan mesin/peralatan.
- b. TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas mesin/peralatan secara keseluruhan (*overall effectiveness*).
- c. TPM dapat diterapkan pada berbagai departemen (seperti *engineering*, bagian produksi, bagian *maintenance*).
- d. TPM melibatkan semua orang mulai dari tingkatan manajemen tertinggi hingga para karyawan/operator lantai pabrik.
- e. TPM merupakan pengembangan dari sistem *maintenance* berdasarkan PM melalui manajemen motivasi : *autonomous small group activities*.

Penerapan TPM di perusahaan adalah untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi perusahaan dengan didasarkan atas perbaikan sifat kerja karyawan dan kondisi mesin untuk kemudian mencapai :

- a. Tanpa kecelakaan (*Zero Accident*)
- b. Tanpa cacat (*Zero Depect*)
- c. Tanpa kerusakan (*Zero Failure*)

Penerapan TPM di perusahaan manufaktur yang utama juga adalah untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan sebagai usaha untuk mengeliminasi kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh tidak efektifnya penggunaan mesin/peralatan yang digunakan untuk mencapai *zero losses*.

Desakan dalam usaha menghilangkan kerugian-kerugian ini merupakan faktor kunci dalam memaksimalkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Menurut Nakajima (1988), Untuk mencapai OEE yang tinggi, TPM diterapkan untuk mengeliminasi apa yang disebut “enam kerugian besar (*six big losses*)” yaitu enam faktor yang menyebabkan rendahnya efisiensi mesin/peralatan, yang termasuk dalam six big losses adalah *Equipment Failure/breakdown, Set-up and Adjustment Losses, Idle and Minor Stoppage Losses, Reduced Speed Losses, Process Rework Losses, dan Reduced/Yield Losse*.

2.5 Delapan Pilar *Total Productive Maintenance* (TPM)

Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) pada prakteknya berupa pelaksanaan delapan kegiatan utama (pilar) TPM. Delapan pilar TPM bukan merupakan tahapan kegiatan yang harus dilakukan secara berurutan, namun lebih merupakan kegiatan-kegiatan yang berdiri sendiri. Menurut Shirose, Kunio (1995), Kedelapan pilar TPM tersebut adalah :

- a. Pemeliharaan Mandiri (*Autonomous maintenance*)
- b. Peningkatan Pembagian (*Partial Improvement*)
- c. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)
- d. Pelatihan (*Training*)
- e. Manajemen Mesin dan Produk Baru (*Initial Control and Maintenance Prevention*)
- f. Pemeliharaan mutu
- g. TPM di Lingkungan Kantor (*TPM in Office*)
- h. Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (*Safety, health and Environment*)

2.6 Manfaat dari *Total Productive Maintenance* (TPM)

Manfaat dari penerapan TPM secara sistematis dalam rencana kerja jangka panjang pada perusahaan pada khususnya menyangkut faktor-faktor berikut:

- a. Peningkatan produktivitas dengan menggunakan prinsip-prinsip TPM akan meminimalkan kerugian-kerugian pada perusahaan.
- b. Meningkatkan kualitas dengan TPM, meminimalkan kerusakan pada mesin/peralatan dan *downtime* mesin dengan metode yang terfokus.
- c. Waktu *delivery* ke konsumen dapat ditepati, karena produksi yang tanpa gangguan akan lebih mudah untuk dilaksanakan.
- d. Biaya produksi rendah karena rugi-rugi dan pekerjaan yang tidak memberi nilai tambah dapat dikurangi.
- e. Kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja lebih baik.
- f. Meningkatkan motivasi tenaga kerja, karena hak dan tanggung jawab didelegasikan pada tiap orang.

2.7 Perencanaan dan Penetapan *Total Productive Maintenance* (TPM)

Petunjuk dan prosedur penetapan TPM secara rinci untuk memaksimalkan produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan harus disesuaikan dengan kondisi perusahaan itu sendiri. Tiap perusahaan harus merancang dan mengembangkan rencana kegiatan *maintenance* sendiri, karena kebutuhan dan permasalahan yang dihadapi berbeda antara satu perusahaan dengan perusahaan lainnya, tergantung pada jenis perusahaan, metode produksi yang diterapkan, serta kondisi dan jenis mesin/peralatan yang digunakan.

Menurut Nakajima (1988), terdapat beberapa kondisi dasar yang harus dipenuhi dalam pengembangan prinsip-prinsip TPM. Secara umum, untuk dapat berhasil dalam penetapan TPM ada 5 tahapan kegiatan pengembangan TPM yaitu:

- a. Mengeliminasi *six big losses* untuk meningkatkan efektivitas mesin/peralatan dengan cara menganalisa menggunakan diagram sebab akibat.
- b. Program kegiatan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*).

- c. Membuat jadwal program *maintenance* bagi departemen *maintenance*.
- d. Meningkatkan skill operator mesin/peralatan pada personal *maintenance*.
- e. Merancang kegiatan manajemen mesin/peralatan.

Lima kegiatan tersebut diatas merupakan kegiatan dasar dalam penetapan TPM dalam perusahaan industri. Kegiatan pengembangan tersebut merupakan tuntutan kegiatan minimal yang harus dilaksanakan dalam pengembangan TPM.

2.8 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin/peralatan dan kinerja secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu untuk ditingkatkan produktivitasnya ataupun efisiensinya. OEE juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara yang tepat untuk menjamin peningkatan produktivitas penggunaan mesin/peralatan. (Roy U. Manurung, 2014).

Formula matematis dari *overall equipment effectiveness* (OEE) dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance efficiency} \times \text{Rate of quality product} \times 100\%$$

Kondisi operasi mesin/peralatan produksi tidak akan akurat ditunjukkan jika hanya didasari oleh perhitungan satu faktor saja, misalnya *performance efficiency* saja. Dari enam pada *six big losses* baru *minor stoppages* saja yang dihitung pada *performance efficiency* mesin/peralatan. Keenam faktor dalam *six big losses* harus diikutkan dalam perhitungan OEE, kemudian kondisi aktual dari mesin/peralatan dapat dilihat secara akurat, keenam faktor dalam *six big losses* harus dilakukan dalam perhitungan OEE.

1.9 Availability

Availability merupakan rasio *operation time* terhadap waktu *loading time*-nya. Sehingga dapat menghitung *availability* mesin dibutuhkan nilai dari :

- a. *Operation time*
- b. *Loading time*
- c. *Downtime*

Nilai *availability* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Loading time adalah waktu yang tersedia (*available time*) perhari atau perbulan dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang direncanakan (*planned downtime*).

$$\text{Loading time} = \text{Total Available Time} - \text{Planned Downtime}$$

Planned downtime adalah jumlah waktu *downtime* yang telah direncanakan dalam rencana produksi termasuk di dalamnya waktu *downtime* mesin untuk pemeliharaan (*schedule maintenance*) atau kegiatan manajemenlainnya.

Operation time merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan waktu *downtime* mesin (*non- operation time*), dengan kata lain *operation time* adalah waktu operasi yang tersedia (*available time*) setelah waktu-waktu *downtime* mesin dikeluarkan dari total *available time* yang direncanakan. *Downtime* mesin adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin/peralatan (*equipment failures*) mengakibatkan tidak ada output yang dihasilkan . *Downtime* meliputi mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin/peralatan, penggantian cetakan (*dies*), pelaksanaan prosedur *setup* dan *adjustment* dan lain sebagainya.

2.10 Performance Efficiency

Performance efficiency merupakan hasil perkalian dari *operating speed rate* dan *net operating rate*, atau rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*).

Operating speed rate merupakan perbandingan antara kecepatan ideal mesin berdasarkan kapasitas mesin sebenarnya (*theoretical/ideal cycle time*) dengan kecepatan aktual mesin (*actual cycle time*). Persamaan matematisnya ditunjukkan sebagai berikut :

$$\text{Operating Speed Rate} = \frac{\text{Ideal Cycle Time}}{\text{Actual Cycle Time}}$$

$$\text{Net Operating Rate} = \frac{\text{Actual Process Time}}{\text{Operation Time}}$$

Net operation rate merupakan perbandingan antara jumlah produk yang diproses (*processes amount*) dikali *actual cycle time* dengan *operation time*. *Net operation time* berguna untuk menghitung rugi-rugi yang diakibatkan oleh *minor stoppages* dan menurunnya kecepatan produksi. Tiga faktor penting yang dibutuhkan untuk menghitung *performance efficiency* :

- a. *Ideal cycle* (waktu siklus ideal/waktu standar).
- b. *Processed amount* (jumlah produk yang diproses).
- c. *Operation time* (waktu operasi mesin).

Perfomance efficiency dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Performance Efficency} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{Ideal cycle time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

2.11 *Rate of Quality Product*

Rate of quality product adalah rasio jumlah produk terhadap jumlah total produk yang diproses. Jadi *rate of quality product* adalah hasil perhitungan dengan menggunakan dua faktor :

- a. *Processed amount* (jumlah produk yang diproses)
- b. *Defect amount* (jumlah produk yang cacat)

$$\text{Rate of Quality Product} = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

TPM mereduksi rugi-rugi mesin/peralatan (*equipment*) dengan cara meningkatkan *availability, performance, efficiency, dan Rate of quality product*. Sejalan dengan meningkatnya ketiga faktor yang terdapat dalam OEE maka kapabilitas perusahaan juga meningkat. Untuk dapat menerapkan TPM dalam usaha meningkatkan produktivitas perusahaan dan mencapai efisiensi mesin/peralatan yang optimal, dibutuhkan dua faktor yang sangat menentukan keberhasilan penerapannya. Pertama, kita harus menjaga supaya data pengoperasian mesin/peralatan dicatat secara akurat sehingga pelaksanaan perencanaan dan pengawasan yang tepat terhadap mesin/peralatan dapat disiapkan; yang kedua adalah kita harus merancang alat ukur yang tepat untuk mengukur kondisi pengoperasian mesin/peralatan. kondisi pengoperasianmesin/peralatan.

Berdasarkan pengalaman perusahaan yang sukses menerapkan TPM dalam perusahaan mereka, nilai OEE ideal yang diharapkan adalah :

- *Availability* $\geq 90 \%$
- *Performance* $\geq 95 \%$
- *Rate of quality product* $\geq 99 \%$

Sehingga nilai OEE ideal yang diharapkan adalah : $0,90 \times 0,95 \times 0,99 \times 100 \geq 85 \%$

2.12 Analisis Six Big Losses (Enam Kerugian Besar)

Kegiatan dan tindakan-tindakan yang dilakukan dalam TPM tidak hanya berfokus pada pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin/peralatan dan meminimalkan *downtime* mesin/peralatan. Akan tetapi banyak faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisiensi mesin/peralatan saja. Rendahnya produktivitas mesin/peralatan yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan sering diakibatkan oleh penggunaan mesin/peralatan yang tidak efektif dan efisien terdapat dalam enam faktor yang disebut enam kerugian besar (*six big losses*). Menurut Gaspertz, (1998) dalam Roy U. Manurung, (2014), efisiensi adalah ukuran yang menunjukkan bagaimana sebaiknya sumber-sumber daya digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan *output*. Sedangkan efektivitas merupakan karakteristik lain dari proses yang mengukur derajat pencapaian *output* dari sistem produksi. Efektivitas diukur dari rasio *output actual* terhadap *output* yang direncanakan. Dalam era persaingan bebas saat ini pengukuran sistem produksi yang hanya mengacu pada kuantitas *output* semata akan dapat menyesatkan (*misleading*), karena pengukuran ini tidak memperhatikan karakteristik utama dari proses, yaitu: kapasitas, efisiensi dan efektivitas. Menggunakan mesin/peralatan seefisien mungkin artinya adalah memaksimalkan fungsi dari kinerja mesin/peralatan produksi dengan tepat guna dan berdaya guna. Untuk dapat meningkatkan produktivitas dan mesin/peralatan yang digunakan maka perlu dilakukan analisis produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan pada *six big losses*. Adapun enam kerugian besar (*six big losses*) tersebut adalah sebagai berikut :

- a. *Downtime*
 1. *Equipment Failure (breakdown)*
 2. *Set-up and adjustment*
- b. *Speed Losses*
 1. *Idle and minor stoppages*
 2. *Reduced speed*
- c. *Defect*
 1. *Process defect*
 2. *Reduced yield losses*

2.12.1 *Equipment failure/Breakdown* (Kerugian karena Kerusakan Peralatan)

Kerusakan mesin/peralatan (*equipment failur breakdown*) akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia yang mengakibatkan kerugian bagperusahaan akibat berkurangnya volume produksi atau kerugian material akibat produk cacat yang dihasilkan (Shirose, Kunio, 1995).Kerusakan yang terjadi berulang-ulang (*sporadic*) seperti ban berjalan yang macet atau roda gigi yang aus relatif mudah untuk diketahui dan tindakan perbaikan dan pencegahan biasanya lebih muda dan jelas. Di sisi lain kerusakan-kerusakan kronis yang kecil dan tidak kasat mata biasanya sering terabaikan dan sepertinya tidak dapat dicegah, misalnya tombol setting yang tidak berfungsi dan masalah-masalah yang berhubungan dengan kualitas atau mesin yang berhenti sesaat.

$$\text{Equipment Failure (breakdown losses)} = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

2.12.2 *Setup and Adjustment Losses* (Kerugian karena Pemasangan dan Penyetelan)

Kerugian karena *set-up* dan *adjustment* merupakan semua waktu *set-up* termasuk waktu penyesuaian (*adjustment*) dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan mengganti suatu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk produksi selanjutnya. Dengan kata lain total yang dibutuhkan mesin tidak berproduksi guna mengganti cetakan (*dies*) bagi jenis produk berikutnya sampai dihasilkan produk yang sesuai untuk proses selanjutnya.

$$\text{Setup and Adjustment Loss} = \frac{\text{Total setup and adjustment}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

2.12.3 Idle and Minor Stoppages Losses (Kerugian karena Beroperasi Tanpa Beban Maupun karena Berhenti Sesaat)

Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat muncul jika faktor eksternal mengakibatkan suatu mesin/peralatan berhenti berulang-ulang atau mesin/peralatan beroperasi tanpa menghasilkan produk. Sebagai contoh, mesin beroperasi akan tetapi bahan yang akan diproses tersangkut di conveyor belt dan tidak dapat mencapai mesin/peralatan, atau sensor yang tidak berfungsi yang mengakibatkan mesin/peralatan kadang-kadang atau tiba-tiba berhenti. Jika kondisi ini terjadi biasanya mesin akan berfungsi kembali jika material yang akan diproses dipindahkan ataupun me-reset kembali mesin/peralatan. Umumnya operator tidak terlalu memperhatikan atau malah mengabaikan kondisi ini karena biasanya mudah ditanggulangi, tetapi minor stoppages tetap akan menurun efektivitas dan efisiensi mesin/peralatan dan harus dihilangkan secara mutlak.

$$\text{Idle and Minor Stoppage} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

2.12.4 Reduced Speed Losses (Kerugian karena Penurunan Kecepatan Operasi)

Menurunnya kecepatan produksi timbul jika operasi aktual lebih kecil dari kecepatan mesin yang telah dirancang beroperasi dalam kecepatan normal. Menurunnya kecepatan produksi antara lain disebabkan oleh :

- a. Kecepatan mesin yang dirancang tidak dapat dicapai karena berubahnya jenis produk atau material yang tidak sesuai dengan mesin/peralatan yang digunakan.
- b. Kecepatan produksi mesin/peralatan menurun akibat operator tidak mengetahui beberapa kecepatan normal mesin/peralatan sesungguhnya.
- c. Kecepatan produksi sengaja dikurangi untuk mencegah timbulnya masalah pada mesin/peralatan dan kualitas produk yang dihasilkan jika produksi pada kecepatan produksi yang lebih tinggi.

Masalah-masalah yang timbul seperti yang di atas muncul karena sering terabaikan padahal sebenarnya hal-hal tersebutlah yang akan berkembang dan memberikan kontribusi yang besar pada *six big losses* yang akan menurunkan efektivitas dan efisiensi mesin/peralatan.

$$\begin{aligned}
 & \text{Reduce Speed Loss} \\
 & = \frac{\text{Operation time} - (\text{Ideal cycle} \times \text{Processed amount})}{\text{Loading time}} \times 100\%
 \end{aligned}$$

2.12.5 Rework Losses (Kerugian karena Pengerjaan Ulang)

Produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkat dan biaya untuk pengerjaan ulang. Kerugian akibat pengerjaan ulang termasuk biaya tenaga kerja dan yang waktu yang dibutuhkan untuk mengolah dan mengerjakan kembali ataupun memperbaiki cacat. Walaupun waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki cacat produk hanya sedikit akan tetapi kondisi seperti ini bisa menimbulkan masalah yang semakin besar.

$$\text{Process Defect Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Rework}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

2.12.6 Yield/Scrap Losses (Kerugian pada Awal Waktu Produksi Hingga Mencapai Kondisi Produksi yang Stabil)

Reduced yielded losses adalah kerugian waktu dan material yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin/peralatan untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang telah diharapkan. Kerugian yang timbul tergantung pada faktor-faktor seperti keadaan operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan dan pemasangan mesin/peralatan atau cetakan (*dies*) ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan proses produksi yang dilakukan. Beberapa hal yang berhubungan dengan kerugian yang mungkin timbul pada

tahap awal produksi dapat diterima karena tidak dapat dihindarkan, akan tetapi tetap dibutuhkan tindakan untuk meminimalkan agar mesin/peralatan yang digunakan dapat beroperasi pada kondisi ideal yang diharapkan. Sebelum kita mengetahui seberapa besar pengaruh keenam kerugian besar tersebut pada mesin/peralatan yang digunakan, kerugian-kerugian yang mengakibatkan rendahnya produktivitas mesin/peralatan tidak akan dapat kita kurangi atau dihilangkan. Akan tetapi jika kita telah dapat mengukur seberapa besar masing masing *six big losses* yang terjadi pada mesin/peralatan maka tindakan dan langkah-langkah untuk menguranginya akan dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip-prinsip yang terdapat pada TPM.

$$Yield/Scrap Loss = \frac{Ideal\ cycle\ time\ x\ scrap}{Loading\ time} x 100\%$$

2.13 Perencanaan dan Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM)

Petunjuk dan prosedur pelaksanaan TPM secara rinci untuk memaksimalkan produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan harus disesuaikan dengan kondisi perusahaan itu sendiri. Tiap perusahaan harus merancang dan mengembangkan rencana kegiatan *maintenance* sendiri, karena kebutuhan dan permasalahan yang dihadapi berbeda antara satu perusahaan dengan perusahaan lainnya, tergantung pada jenis perusahaan, metode produksi yang diterapkan, serta kondisi dan jenis mesin/peralatan yang digunakan.

Menurut Nakajima, terdapat beberapa beberapa kondisi dasar yang harus dipenuhi dalam pengembangan prinsip-prinsip TPM untuk diterapkan dalam perusahaan. Secara umum, untuk berhasil dalam penerapan TPM ada 5 tahap kegiatan pengembangan TM yang harus dilaksanakan, yaitu:

- a. Mengeliminasi *six big losses* untuk meningkatkan efektivitas mesin/peralatan dengan cara menganalisa menggunakan Diagram Sebab- Akibat (*fishbone diagram*).
- b. Program kegiatan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*).
- c. Membuat jadwal *maintenance* bagi departemen *maintenance*.
- d. Merancang kegiatan manajemen mesin/peralatan.

Lima kegiatan tersebut diatas merupakan kegiatan dasar dalam penerapan TPM dalam perusahaan industri. Kegiatan pengembangan tersebut merupakan tuntunan kegiatan minimal yang harus dilaksanakan dalam pengembangan TPM.

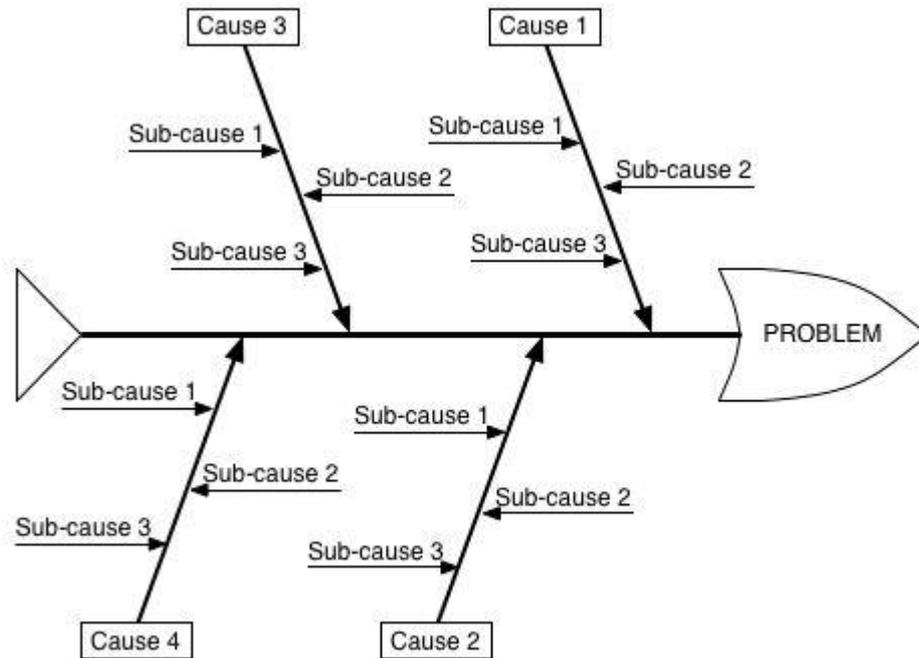
2.14 Diagram Sebab Akibat (*Fishbone Diagram*)

Diagram ini dikenal dengan istilah “diagram tulang ikan” (*fish bone diagram*) diperkenalkan pertama kalinya oleh Prof. Kaoru Ishikawa (Tokyo University) tahun 1943. Diagram ini berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor–faktor yang berpengaruh secara signifikan didalam menentukan karakteristik kualitas output kerja. Dalam hal ini metode sumbang saran (*brainstorming method*) akan cukup efektif digunakan untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kerja secara detail.

Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja, maka orang selalu akan mendapatkan bahwa ada 5 faktor penyebab utama yang signifikan yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. Manusia (*Man*)
- b. Metode kerja (*Method*)
- c. Mesin atau peralatan kerja lainnya (*Machine*)
- d. Bahan baku (*Material*)
- e. Lingkungan kerja (*Environment*)

Berikut adalah contoh penggambaran diagram sebab akibat yang dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Diagram Sebab Akibat (*Fishbone Diagram*)

Sumber : ZukunftsLabor CreaLab and interspin CreaLab, 2015

2.15 Penelitian Terdahulu

Penelitian untuk skripsi ini pada dasarnya memiliki persamaan-persamaan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu menggunakan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Sedangkan perbedaannya terletak pada obyek yang diteliti dan tujuan yang ingin dicapai dengan penelitian ini seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Kesimpulan	Usulan Perbaikan
1.	Herwindo, Arif Rahman, Rahmi Yuniarti. (2003)	Pengukuran <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) Sebagai Upaya Meningkatkan Nilai Efektivitas Mesin Carding di PT. XYZ.	Dalam penelitian ini menyimpulkan nilai OEE Mesin Carding sebesar 32.60% dibawah nilai standar dunia 85%.	FMEA
2.	Dinda Hesti Triwardani, Arif Rahman & Ceria Farela Mada Tantrika. (2014)	Analisis <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) Dalam Meminimalisi <i>Six Big Losses</i> Pada Mesin Produksi <i>Dual Filters DD07</i>	Rata-rata tingkat efektifitas mesin <i>Dual Filters DD07</i> adalah 26,22 %.	FMEA
3.	Asyrof Arifianto (2018)	Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) Dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> di PT. Triangle Motorindo	Nilai OEE mesin produksi sepeda “Karya” sebesar 64 % jauh dibawah nilai OEE kelas dunia yaitu 85 %.	Fishbone Diagram
4.	Mohammad Bayuhimas Permana (2018).	Analisis <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) Pada Mesin Granulator NPK Phonska di PT. Petrokimia Gresik.		Fishbone Diagram

Sumber: Hasil Penelitian