

**PENENTUAN WAKTU PERAWATAN  
MESIN FILLING GALON 20 L DENGAN  
ANALISA DISTRIBUSI KERUSAKAN  
SERTA METODE OEE DAN FMEA  
PADA PT SARIGUNA PRIMA  
TIRTA MAKASSAR**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**Fluorensia Irene Rizky Anggraini**

**17 TIA 248**

**Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan guna  
menyelesaikan program Diploma Tiga  
Jurusan / Program Studi Teknik Industri Agro**



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I  
POLITEKNIK ATI MAKASSAR  
2020**

## HALAMAN PERSETUJUAN

JUDUL :PENENTUAN WAKTU PERAWATAN MESIN  
FILLING GALON 20 L DENGAN ANALISA  
DISTRIBUSI KERUSAKAN SERTA METODE OEE  
DAN FMEA PADA PT SARIGUNA PRIMATIRTA  
MAKASSAR

NAMA : FLUORENSIA IRENE RIZKY ANGGRAINI

NIM : 17 TIA 248

JURUSAN / PRODI : TEKNIK INDUSTRI AGRO

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Hj. Arminas, ST.,MM.,IPM

A. Velahyati B., ST.,MT

NIP.196702252001122002

NIP. 198806142018012001

Mengetahui,

Direktur  
Politeknik ATI Makassar

Ketua Jurusan  
Teknik Industri Agro

Ir. Muhammad Basri, MM.

Dr. Widya Hastuti Afris, S.ST., MM.

NIP. 196804061994031003

NIP. 197801252001122002

## HALAMAN PENGESAHAN

Telah diterima oleh Panitia Ujian Akhir Program Diploma Tiga (D3) yang ditentukan sesuai dengan Surat Keputusan Direktur Politeknik ATI Makassar Nomor :...../Kpts/SJ-IND/4/2019 tanggal 01 Februari 2019 yang telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada hari ..... tanggal .....sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) Teknik Industri dalam program studi Teknik Industri Agro Pada Politeknik ATI Makassar.

### PANITIA UJIAN :

Pengawas : 1. Kepala BPSDMI

2. Direktur Politeknik ATI Makassar

Ketua : Ahmad Sawal, S.Si., MM (.....)

Sekretaris : Andi Nurwahida, ST., MT (.....)

Penguji I : Ahmad Sawal, S.Si., MM (.....)

Penguji II : Andi Nurwahida, ST., MT (.....)

Penguji III : Ir. Muhammad Basri, MM., IPM (.....)

Pembimbing I : Dr. Hj. Arminas, ST.,MM.,IPM (.....)

Pembimbing II :A. Velahyati B., ST.,MT (.....)

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fluorensia Irene Rizky Anggraini

NIM : 17 TIA 248

Jurusan : Teknik Industri Agro

Menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan sesuai dengan hukum yang berlaku di Negara Republik Indonesia bahwa tugas akhir saya adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut tanpa melibatkan institusi Politeknik ATI Makassar atau orang lain.

Makassar, Mei 2020

Yang menyatakan,

Fluorensia Irene R A

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur atas kehadiran Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya sehingga penulis dapat merampungkan penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini digunakan untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program Diploma III di Politeknik ATI Makassar. Penulis tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak berupa dukungan moril, fasilitas, bimbingan, dan dorongan. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Sulistyorini selaku Ibu penulis, yang senantiasa membesarkan, memberikan dukungan moril, material, dan motivasi selama penulis menjalankan pendidikan.
2. Bapak Ir.Muhammad Basri, MM.,IPM, selaku Direktur Politeknik ATI Makassar.
3. IbuWidya Hastuti Afris, S.ST.,MM.,Ph.D, selaku Ketua Jurusan / Program Studi Teknik Industri Agro.
4. Ibu Dr.Hj. Arminas, ST.,MM.,IPM,selaku Penasehat Akademik serta Pembimbing Tugas Akhir.
5. Ibu A. Velahyati B., ST., MT, selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Seluruh dosen Teknik Industri Agro yang telah mengajar dan membagi ilmunya kepada penulis selama menjalani perkuliahan.

7. Seluruh karyawan PT. Sariguna Prima Tirta khususnya Departemen Produksi dan Teknik yang telah membantu saya dalam melakukan penelitian.
8. Selaku teman seperjuangan selama kuliah dan menyusun Tugas Akhir khususnya Indah, Mahadiah, Silvi, Tazlimah, Fitri, Mutia, Anandya, Fadliah, Kurniati, dan Langgam.
9. Demisioner Badan Pengurus Periode 2018/2019 serta Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Industri (HMTI-POLTEK ATIM) yang selalu memberi semangat dan dukungannya.
10. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Makassar, Mei 2020

Fluorensia Irene R A

## ABSTRAK

Fluorensia Irene Rizky Anggraini, 2020. Penentuan Waktu Perawatan Mesin Filling Galon 20 L Dengan Analisa Distribusi Kerusakan Serta Metode OEE Dan FMEA Pada PT Sariguna Prima Tirta Makassar. Di bawah bimbingan Ibu Arminas sebagai pembimbing I dan Ibu A. Velahyati B. Sebagai pembimbing II.

PT Sariguna Prima Tirta adalah industri yang memproduksi air minum dalam kemasan. Dalam prosesnya mesin dituntut untuk dapat memenuhi target harian yang telah ditentukan. Namun dalam proses produksi AMDK 20 liter sering terjadi kegagalan mesin dalam beroperasi yang mengakibatkan tidak tercapainya target tersebut. Dari permasalahan tersebut maka penulis melakukan penelitian terhadap keefektifitasan mesin dalam beroperasi serta mencari penyebab terjadinya kegagalan mesin tersebut. Penelitian ini dimulai dari menghitung efektivitas mesin dengan metode OEE untuk melihat tingkat keefektifitasan mesin, kemudian mencari penyebab rendahnya nilai OEE dengan menggunakan metode FMEA untuk menganalisis penyebab dari kegagalan mesin. Setelah di dapatkan hasil maka penulis merancang usulan perbaikan dengan metode *Mean Time To Failure*(MTTF) dan *Mean Time To Repaire* (MTTR) untuk mencegah terjadinya kegagalan prosesdi kemudian hari.

Berdasarkan hasil penelitan dari nilai OEE diperoleh 75,88% yang berarti mesin belum efektif menurut standar JIPM, sedangkan berdasarkan FMEA terdapat 3 komponen yang mempengaruhi nilai tersebut yaitu pneumatic silinder, pompa, dan nozzle. Hasil perhitungan nilai MTTR dan MTTF didapatkan bahwa perawatan berat yang dilakukan untuk komponen pneumatic silinder, nozzle, pompa masing-masing memiliki jangka waktu sebesar 7, 14, dan 19 hari, sedangkan perawatan ringan dilakukan dengan jangka waktu 9,65, 6,54, 7,47 jam.

**Kata kunci : OEE, FMEA, *filling* galon, Waktu Perawatan.**

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                                       | <b>I</b>    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>                                 | <b>II</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>                                  | <b>III</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>                     | <b>IV</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                       | <b>V</b>    |
| <b>ABSTRAK.....</b>  | <b>VII</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>VIII</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>IX</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>X</b>    |
| <br>   |             |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                    | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                                       | 4           |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....                                      | 4           |
| 1.4. Manfaat Penelitian.....                                     | 4           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                             | <b>6</b>    |
| 2.1. Manajemen Perawatan Industri.....                           | 6           |
| 2.2. Jenis-Jenis Perawatan Mesin .....                           | 8           |
| 2.3. <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i> .....             | 12          |
| 2.4. <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> .....          | 17          |
| 2.5. <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....        | 25          |
| 2.6. <i>Mean Time To Failure &amp; Mean Time To Repair</i> ..... | 26          |
| 2.7. Distribusi Kerusakan .....                                  | 26          |
| 2.8. Identifikasi Pola Distribusi dan Parameter Distribusi ..... | 31          |
| 2.9. Mesin <i>Filling Galon</i> .....                            | 34          |
| 2.10. Kerangka Berpikir .....                                    | 35          |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                           | <b>36</b>   |
| 3.1. Tempat dan Waktu .....                                      | 36          |
| 3.2. Alat dan Bahan .....  | 36          |
| 3.3. Jenis Penelitian .....                                      | 36          |
| 3.4. Teknik Pengumpulan Data.....                                | 37          |
| 3.5. Analisis Data .....   | 38          |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                          | <b>39</b>   |
| 4.1. Pengumpulan Data .....                                      | 39          |
| 4.2. Pengolahan Data.....  | 43          |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                                       | <b>62</b>   |
| 5.1. Kesimpulan .....  | 62          |
| 5.2. Saran .....   | 62          |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                      | <b>62</b>   |
| <b>LAMPIRAN .....</b>  | <b>66</b>   |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Standar Nilai OEE Berdasarkan JIPM.....                         | 24 |
| <b>Tabel 2.2</b> <i>Severity Rating</i> .....                                    | 26 |
| <b>Tabel 2.3</b> <i>Occurance Rating</i> .....                                   | 27 |
| <b>Tabel 2.4</b> <i>Detectability Rating</i> .....                               | 27 |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil Produksi Mesin Filling Galon 20 L.....                    | 39 |
| <b>Tabel 4.2</b> Data <i>Planned Downtime</i> Mesin <i>Filling Galon</i> .....   | 40 |
| <b>Tabel 4.3</b> Data <i>Unplanned Downtime</i> Mesin <i>Filling Galon</i> ..... | 41 |
| <b>Tabel 4.4</b> Data Kerusakan Komponen Mesin <i>Filling Galon</i> 20 L.....    | 42 |
| <b>Tabel 4.5</b> Data <i>Defect Product</i> Galon 20 L.....                      | 42 |
| <b>Tabel 4.6</b> Data <i>Loading Time</i> Mesin <i>Filling Galon</i> .....       | 43 |
| <b>Tabel 4.7</b> Data <i>Operating Time</i> Mesin <i>Filling Galon</i> .....     | 44 |
| <b>Tabel 4.8</b> Hasil Perhitungan Nilai OEEMesin <i>Filling Galon</i> 20 L..... | 44 |
| <b>Tabel 4.9</b> Nilai RPN Komponen Mesin <i>Filling Galon</i> .....             | 47 |
| <b>Tabel 4.10</b> Perhitungan TTR dan TTF Komponen Pneumatic Silinder.....       | 51 |
| <b>Tabel 4.11</b> Perhitungan TTR dan TTF Komponen Pompa.....                    | 52 |
| <b>Tabel 4.12</b> Perhitungan TTR dan TTF Komponen Nozzle.....                   | 54 |
| <b>Tabel 4.13</b> Distribusi TTF Komponen Pneumatic Silinder.....                | 55 |
| <b>Tabel 4.14</b> Distribusi TTR Komponen Pneumatic Silinder.....                | 56 |
| <b>Tabel 4.15</b> Distribusi TTF Komponen Pompa.....                             | 56 |
| <b>Tabel 4.16</b> Distribusi TTR Komponen Pompa.....                             | 56 |
| <b>Tabel 4.17</b> Distribusi TTF Komponen Nozzle.....                            | 57 |
| <b>Tabel 4.18</b> Distribusi TTR Komponen Nozzle.....                            | 57 |
| <b>Tabel 4.19</b> Hasil perhitungan MTTF Mesin <i>Filling Galon</i> .....        | 58 |
| <b>Tabel 4.20</b> Hasil perhitungan MTTR Mesin <i>Filling Galon</i> .....        | 59 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Tahap Perhitungan OEE .....      | 22 |
| <b>Gambar 2.2</b> Mesin <i>Filling</i> Galon ..... | 31 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Hasil Wawancara FMEA ..... | 66 |
|----------------------------|----|

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka semakin bertambah pula kebutuhan konsumsi air minum. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka perusahaan air minum harus dapat melakukan produksi secara optimal. Dalam proses produksinya tingkat efektivitas mesin merupakan faktor yang penting guna mencapai target produksi yang telah ditentukan karena mesin dituntut dapat beroperasi secara *continue* tanpa adanya *downtime* dan *waste*.

Dengan adanya *breakdown* pada mesin maka mesin mengalami *downtime* yang berakibat menurunnya tingkat kecepatan produksi dan mesin menghasilkan produk yang tidak sesuai standar atau cacat.

PT Sariguna Prima Tirta merupakan produsen Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang berlokasi di Jl. Poros Malino KM.25, Gowa. PT Sariguna Prima Tirta memproduksi air minum dalam kemasan dengan berbagai ukuran yaitu cup 250 ml, botol dengan ukuran 330 ml, 550 ml, serta 1500 ml, dan galon dengan ukuran 6L serta 20L.

Pada departemen produksi PT Sariguna Prima Tirta khususnya bagian produksi galon 20L, mesin *filling* galon yang digunakan diketahui mengalami *breakdown* dengan rata-rata mencapai 4002,143 menit per bulan atau setara dengan 66,70 jam yang berimbas pada tidak tercapainya target produksi galon per hari, yang mana target harian dalam produksinya yaitu 2100 galon selama 7 jam dan dalam satu minggu mesin harus bekerja selama 6 hari kerja sehingga per harinya

target untuk mesin *filling* galon adalah 6300 galon dan target perusahaan perbulan optimalnya mencapai 144.600 galon per bulan. Berdasarkan survei awal KKP diperoleh data total hasil produksi galon dari bulan Februari hingga Agustus hanya mencapai 714.581 galon sedangkan *defect* atau *product reject* selama bulan Februari hingga Agustus yaitu 31.457 galon, dan *good product* dari bulan Februari hingga Agustus yaitu 683.124 galon. Jika dirata-ratakan selama 7 bulan akan terlihat bahwa rata-rata hasil keseluruhan produksi hanya sebesar 102.083 galon, dan untuk *good product* rata-rata hasil produksinya sebesar 97.589,14 yang mana seperti yang telah dituliskan bahwa target optimal per bulan 144.600 galon untuk hasil galon yang memenuhi standar atau *good product*. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa untuk rata-rata produksi perbulan masih kekurangan sekitar 47.010,86 atau 47.011 galon untuk mencapai target produksi perbulan dan jika dipersenkan maka mesin *filling* galon hanya mampu memproduksi 67,49% dari target dan untuk *defect* dari mesin *filling* galon rata-rata perbulannya mencapai 4.493,86 galon.

Dengan melihat rata-rata *defect* dari mesin *filling* ini dapat berpengaruh pada kualitas galon yang diproduksi, waktu penggunaan mesin *filling* serta total produksi galon tidak sesuai target yang diakibatkan oleh pemeliharaan mesin *filling* yang tidak terjadwal dengan baik.

Dari permasalahan tersebut perlu dicari beberapa solusi penyelesaian diantaranya mencari penyebab terjadinya kerusakan dan penyebab terjadinya produk gagal, mengukur seberapa besar efektifitas yang telah dicapai oleh mesin *filling* galon, yang kemudian dapat diketahui faktor penyebab tidak tercapainya

produksi dari mesin *filling* galon maka dapat diusulkan perbaikan-perbaikan yang bisa dilakukan oleh perusahaan. Adapun metode yang akan digunakan adalah *Total Productive Maintenance* atau disingkat dengan TPM yaitu suatu sistem yang digunakan untuk memelihara dan meningkatkan kualitas produksi melalui perawatan perlengkapan dan peralatan kerja seperti mesin, *equipment* dan alat-alat kerja. Maka dari itu TPM dapat digunakan sebagai sebuah strategi yang cukup diyakini mampu menjadi alat pemeliharaan berkualitas yang strategis (Ahuja dan Kahamba, 2008).

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah suatu perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat keefektifan suatu mesin atau peralatan yang ada. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu ditingkatkan produktivitasnya ataupun efisiensi mesin/peralatan dan juga dapat menunjukkan area *bottleneck* yang terdapat pada lintasan produksi. OEE juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara yang tepat untuk menjamin peningkatan produktivitas penggunaan mesin/peralatan (Nakajima, 1984).

Setelah melakukan perhitungan OEE dilakukan identifikasi lebih lanjut dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengetahui dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). Setelah dilakukan perhitungan OEE dan mengetahui penyebab dari kegagalan produksi dengan metode FMEA maka dapat dilakukan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) yaitu rata-rata interval waktu kerusakan

yang terjadi saat mesin selesai diperbaiki sampai mesin tersebut mengalami kerusakan kembali (Kostas, 1983).

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka penulis memilih judul Tugas Akhir inidengan“**Penentuan Waktu Perawatan Mesin Filling Galon 20 L dengan Analisa Distribusi Kerusakan Serta Metode OEE, dan FMEA Pada PT SARIGUNA PRIMATIRTA.**”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana menghitung nilai OEE mesin *filling* galon 20 L pada PT. Sariguna Prima Tirta?
2. Bagaimanamenyusun waktu perawatan mesin *filling* galon 20 L untuk mengurangi kerusakan (*defect*) pada PT. Sariguna Prima Tirta?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk menghitung nilai OEE dari mesin *filling* galon 20 L pada PT Sariguna Prima Tirta
2. Untuk mengusulkan waktu yang tepat perawatan mesin *filling* galon 20 L pada PT Sariguna Prima Tirta

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh manfaat sebagai berikut :

## 1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah pengetahuan dengan membandingkan antara teori yang diperoleh di bangku kuliah dengan kenyataan yang ada di perusahaan/industri.

## 2. Bagi Perusahaan

Sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam melakukan peningkatan efektifitas mesin khususnya mesin *filling* pada produksi galon 20L.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Manajemen Perawatan Industri**

Produk yang memiliki nilai tambah adalah produk yang berkualitas, harganya terjangkau, dan tersedia pada saat konsumen membutuhkan. Ketiga criteria tersebut dapat dicapai apabila perusahaan mampu melakukan efisiensi terhadap proses. Efisiensi dapat tercapai apabila kesiapan dan keandalan pabrik dapat dijaga dengan baik, termasuk kontinuitas proses produksi. Perawatan fasilitas industri merupakan suatu upaya guna mencapai kesiapan dan keandalan pabrik tersebut (Kurniawan, 2013).

Manajemen perawatan industri perlu dilakukan untuk meminimasi *downtime*, sehingga aktivitas proses transformasi bahan baku menjadi produk dapat berjalan dengan baik, sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat sebelumnya. Konsep ini juga harus menunjang sistem kesiapan sarana produksi, sehingga perlu dilakukan program perawatan (Kurniawan, 2013).

Pentingnya fungsi perawatan merupakan faktor yang dominan dalam banyak industri. Dalam beberapa tahun belakangan ini, filosofis umum tentang manajemen industri telah berkembang ke arah spesialisasi yang diperlukan.

Tujuan pembangunan dan menjalankan suatu industri adalah untuk mendapatkan keuntungan. Industri tidak hanya harus memproduksi barang-barang yang dapat dijual, tetapi juga harus menandingi persaingan di pasaran. Dalam hal ini perlu diperhatikan juga bahwa barang atau produk tersebut harus (Supandi, 1991 ):

1. Baik kualitasnya
2. Pantas harganya
3. Diproduksi dan diserahkan kepada konsumen dalam waktu yang cepat.

Untuk memenuhi kondisi tersebut, proses produksi harus dilaksanakan dengan cara yang seefisien dan seekonomis mungkin. Pabrik harus beroperasi secara efektif dan dapat memenuhi tingkat kebutuhan produksi yang ditargetkan. Produk-produk baru terus diadakan, teknik baru, proses-proses, metode-metode baru ditetapkan, dan sistem otomatis ditingkatkan, kapasitas produksi dinaikkan, sementara jadwal yang ketat harus ditaati. Jadi peningkatan penggunaan peralatan dan mesin-mesin adalah kebutuhan ekonomis.

Oleh karena demikian program perawatan harus benar-benar direncanakan sehingga *downtime* yang merugikan dapat dikurangi menjadi seminimum mungkin. Perawatan yang tidak memadai dapat mengakibatkan kehancuran fasilitas dan mesin yang sangat merugikan, tidak hanya dalam perbaikan-perbaikan dengan biaya yang mahal, tetapi juga kerugian produksi. Untuk kepentingan tersebut perlu adanya sistem manajemen perawatan yang mengatur seluruh aktivitas dalam bidang perawatan industri.

### **2.1.1 Tujuan Manajemen Perawatan Industri**

Secara umum manajemen perawatan industri memiliki tujuan: (Kurniawan, 2013).

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

## **2.2 Jenis-jenis Perawatan Mesin**

Jenis-jenis perawatan mesin menurut Supandi (1991) terbagi menjadi 5 yaitu perawatan preventive, perawatan korektif, perawatan berjalan, perawatan prediktif, perawatan setelah terjadi kerusakan, dan perawatan darurat.

### **2.2.1 Preventif Maintenance**

Perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*) adalah inspeksi secara periodic untuk mendeteksi kondisi yang dapat menyebabkan mesin rusak

(*breakdown*) atau terhentinya proses sehingga dapat mengembalikan kondisi peralatan seperti pada saat awal peralatan tersebut ada. *Preventive Maintenance* merupakan proses deteksi dan perawatan dari ketidaknormalan peralatan sebelum timbul kerusakan yang menyebabkan kerugian. (Kurniawan, 2013).

Secara umum *preventive maintenance* dapat diklasifikasikan menjadi 2 aktivitas, antara lain:

1. Inspeksi secara periodik
2. Pemulihan terencana dari kerusakan berdasarkan hasil inspeksi tersebut

Kegiatan *Preventive Maintenance* akan berjalan secara optimal jika perusahaan memiliki perencanaan perawatan yang baik. Perawatan tersebut harus berdasarkan penilaian yang akurat dari kondisi peralatan dengan pertimbangan prioritas dan ketersediaan sumber daya pada saat dibutuhkan. Perencanaan perawatan yang efektif dan efisien memerlukan kerjasama dari semua departemen yang terlibat.

Berikut adalah program yang dapat digunakan untuk mempersiapkan rencana perawatan tahunan, di manalangkah-langkah dalam mempersiapkan rencana tahunan adalah sebagai berikut:

1. Tentukan pekerjaan yang dibutuhkan
  - a. Kebijakan peraturan perusahaan
  - b. Standar peralatan perawatan
  - c. Catatan kerusakan
  - d. Rencana tahunan sebelumnya
  - e. *Job Order* dari rantai produksi

2. Pilih pekerjaan yang akan dilaksanakan
3. Perkiraan interval perawatan tentative
4. Perkiraan jadwal pekerjaan, waktu, dan biaya perawatan
5. Pengaturan kerja

### **2.2.2 Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)**

Pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Perawatan korektif termasuk dalam cara perawatan yang direncanakan untuk perbaikan

Dalam perawatan korektif ini dapat mengadakan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan peralatan agar lebih baik. menghilangkan problema yang merugikan untuk mencapai kondisi operasi yang lebih ekonomis. (Supandi, 1991)

### **2.2.3 Perawatan Berjalan (*Running Maintenance*)**

Pekerjaan perawatan yang dilakukan pada saat fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan dalam keadaan operasi.

Perawatan dalam kondisi berjalan ditetapkan pada mesin-mesin yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi. Kegiatan perawatan dilakukan dengan jalan monitoring secara aktif. Diharapkan hasil dari perbaikan yang dilakukan secara cepat dan terencana ini dapat menjamin kondisi operasi produksi tanpa adanya gangguan yang mengakibatkan kerusakan.

#### **2.2.4 Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)**

Perawatan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Biasanya perawatan prediktif dilakukan dengan bantuan pancaindera atau dengan alat-alat monitor yang canggih.

Teknik-teknik dan alat bantu yang dipakai dalam memonitor kondisi ini adalah untuk efisiensi kerja agar kelainan yang terjadi dapat diketahui dengan cepat dan tepat. Perawatan dengan sistem monitoring sangat penting dilakukan untuk mendapatkan hasil yang realistis tanpa melakukan pembongkaran total untuk menganalisisnya. (Supandi, 1991)

#### **2.2.5 Perawatan Setelah Terjadi Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)**

Cara perawatan yang direncanakan untuk memperbaiki kerusakan. Pekerjaan perawatan ini dilakukan setelah terjadi kerusakan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat, dan tenaga kerjanya.

Beberapa peralatan pabrik yang beroperasi pada unit tersendiri atau terpisah dari proses pembuatan, tidak akan langsung mempengaruhi seluruh proses produksi apabila terjadi kerusakan, tidak akan langsung mempengaruhi seluruh proses produksi apabila terjadi kerusakan. Untuk peralatan tersebut tidak perlu diadakan perawatan, karena biaya perawatan lebih besar daripada biaya kerusakannya. Dalam kondisi khusus ini peralatan dibiarkan beroperasi sampai terjadi kerusakan, sehingga waktu untuk produksi tidak berkurang.

Penerapan sistem ini dilakukan pada mesin-mesin industri yang ringan, apabila terjadi kerusakan dapat diperbaiki dengan cepat.

#### **2.2.6 Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)**

Pekerjaan perbaikan yang segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tak terduga. Perawatan darurat ini termasuk cara perawatan yang tidak direncanakan (*unplanned emergency maintenance*). (Supandi, 1991)

### **2.3 *Total Productive Maintenance (TPM)***

*Total Productive Maintenance* atau disingkat dengan TPM adalah suatu sistem yang digunakan untuk memelihara dan meningkatkan kualitas produksi melalui perawatan perlengkapan dan peralatan kerja seperti mesin, *equipment* dan alat-alat kerja. Fokus utama *Total Productive Maintenance* atau TPM ini adalah untuk memastikan semua perlengkapan dan peralatan produksi beroperasi dalam kondisi terbaik sehingga menghindari terjadinya kerusakan ataupun keterlambatan dalam proses produksi.

*Total Productive Maintenance (TPM)* merupakan konsep inovatif Jepang yang berawal dari penerapan *Preventive Maintenance* pada tahun 1951. Konsep *preventive maintenance* ini sendiri merupakan konsep yang diadopsi dari Amerika Serikat. Nippondenso yang merupakan pemasok Toyota adalah perusahaan pertama yang memperkenalkan konsep TPM pada tahun 1960 dengan slogan "*Productivity Maintenance with total Employee Participation*". Seiichi Nakajima

yang saat itu menjabat sebagai *Vice Chairman JIOPM (Japan Institute of Plant Maintenance)* kemudian dikenal sebagai bapak TPM.

Mobley (2008) mendefinisikan TPM sebagai sebuah strategi pemeliharaan komprehensif yang didasarkan atas pendekatan daur hidup (*life cycle*) alat yang dapat meminimumkan terjadinya kerusakan pada peralatan, cacat produksi dan kecelakaan kerja. TPM melibatkan siapapun dalam organisasi, mulai dari top level management hingga ke teknisi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan ketersediaan (*availability*) secara berkesinambungan dan mencegah terjadinya penurunan kinerja alat dalam usaha memperoleh efektivitas yang maksimal.

### **2.7.1 Delapan Pilar TPM**

Untuk menerapkan metode TPM dalam sebuah perusahaan manufacturing, diperlukan pondasi yang kuat dan pilar yang kokoh. Pondasi TPM adalah 5S, sedangkan pilar utama TPM terdiri dari 8 pilar atau biasanya disebut dengan 8 pilar TPM (Total Productive Maintenance). 8 pilar TPM sebgaiian besar difokuskan pada teknik proaktif dan preventif untuk meningkatkan kehandalan mesin dan peralatan produksi. Berikut 8 pilar TPM : (Kunio, 1995)

#### **1. *Autonomous Maintenance***

*Autonomus maintenance* atau *jishu hozen* merupakan memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pembersihan mesin, pemberian lubrikasi dan inspeksi mesin. Dengan demikian operator memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakannya. Dengan pilar *Autonomus maintenance*, peralatan/mesin

produksi dapat dipastikan bersih dan terlubrikasi dengan baik serta dapat mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih.

*Autonomus maintenance* atau *jishu hozen* merupakan memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pembersihan mesin, pemberian lubrikasi dan inspeksi mesin. Dengan demikian operator memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakannya. Dengan pilar *Autonomus maintenance*, peralatan/mesin produksi dapat dipastikan bersih dan terlubrikasi dengan baik serta dapat mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih.

## **2. *Planned Maintenance***

Pilar ini menjadwalkan tugas perawatan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dapat diprediksikan. Dengan *planned maintenance* kita dapat mengurangi kerusakan yang terjadi secara mendadak serta dapat lebih baik mengendalikan tingkat kerusakan komponen.

## **3. *Quality Maintenance***

Pilar ini membahas tentang masalah kualitas dengan memastikan peralatan/mesin produksi dapat mendeteksi dan mencegah kesalahan selama produksi berlangsung. Dengan kemampuan mendeteksi kesalahan ini proses produksi menjadi cukup handal dalam menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi pada pertama kalinya. Dengan demikian tingkat kegagalan produk akan terkendali dan biaya produksi pun jadi semakin rendah.

#### **4. *Focused Improvement***

Pilar ini memfokuskan pembentukan kelompok kerja untuk proaktif mengidentifikasi peralatan/mesin yang bermasalah dan memberikan solusi atau usulan perbaikan. Kelompok kerja dalam melakukan *focused improvement* juga bisa mendapat pekerja yang bertalenta dalam mendukung kinerja perusahaan untuk mencapai targetnya.

#### **5. *Early Equipment Management***

*Early Equipment Management* merupakan pilar TPM yang menggunakan kumpulan pengalaman dari kegiatan perbaikan dan perawatan sebelumnya untuk memastikan mesin baru dapat mencapai kinerja yang optimal. Tujuan dari pilar ini adalah agar mesin atau peralatan produksi baru dapat mencapai kinerja yang optimal pada waktu yang sesingkat-singkatnya.

#### **6. *Training and Education***

Pilar *Training and Education* ini diperlukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan TPM (*Total Productive Maintenance*). Kurangnya pengetahuan terhadap alat atau mesin yang dipakainya dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan tersebut dan menyebabkan rendahnya produktivitas kerja yang akhirnya merugikan perusahaan. Dengan pelatihan yang cukup, kemampuan operator dapat ditingkatkan sehingga dapat melakukan kegiatan perawatan dasar sedangkan teknisi dapat dilatih dalam hal meningkatkan kemampuannya untuk melakukan perawatan pencegahan dan kemampuan dalam menganalisis kerusakan mesin atau peralatan kerja. Pelatihan pada level Manajerial juga dapat meningkatkan kemampuan Manajer dalam membimbing

dan mendidik tenaga kerjanya (*Mentoring and Coaching Skills*) dalam penerapan TPM.

#### **7. *Safety, Health, and Environment***

Para pekerja harus dapat bekerja dan mampu menjalankan fungsinya dalam lingkungan yang aman dan sehat. Dalam Pilar ini, Perusahaan diwajibkan untuk menyediakan lingkungan yang aman dan sehat serta bebas dari kondisi berbahaya. Tujuan pilar ini adalah mencapai target tempat kerja yang “*Accident Free*” (Tempat Kerja yang bebas dari segala kecelakaan).

#### **8. *TPM in Administration***

Pilar selanjutnya dalam TPM adalah menyebarkan konsep TPM ke dalam fungsi Administrasi. Tujuan pilar TPM in Administrasi ini adalah agar semua pihak dalam organisasi (perusahaan) memiliki konsep dan persepsi yang sama termasuk staff administrasi (pembelian, perencanaan dan keuangan).

#### **2.7.2 Tujuan TPM**

Berfokus terhadap perbaikan peralatan (*equipment improvement*), maka tujuan dari pelaksanaan TPM adalah :

1. Memaksimalkan nilai efektivitas peralatan keseluruhan (OEE) melalui partisipasi total seluruh karyawan.
2. Meningkatkan *reability* dan *maintaiability* suatu peralatan sehingga dapat meningkatkan kualitas produk dan produktivitas.
3. Menjamin nilai ekonomi yang maksimum untuk setiap peralatan dan manajemen bagi keseluruhan masa pakai (*life cycle*) suatu peralatan.
4. Meningkatkan keterampilan dan pengetahuan dari operator.

5. Menciptakan lingkungan kerja yang baik.

Selain itu dengan menerapkan TPM perusahaan juga mendapatkan beberapa keuntungan yaitu:

1. Mencapai OPE (*Overall Plant Efficiency*) minimum 80%.
2. Mencapai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) minimum 85%.
3. Memperbaiki perlakuan, sehingga tidak ada lagi keluhan dari pelanggan.
4. Mengurangi biaya manufaktur sebesar 30%.
5. Memenuhi pesanan pelanggan sebesar 100% (mengirimkan kuantitas yang tepat pada waktu yang tepat dengan kualitas yang disyaratkan pelanggan).
6. Mengurangi kecelakaan.
7. Mengikuti ukuran kontrol polusi.

#### **2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Menurut Stamatis (2010) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah sebuah hirarki metrik yang berfokus pada seberapa efektif operasi manufaktur digunakan. Hasil dinyatakan dalam bentuk generik yang memungkinkan perbandingan antara unit manufaktur dalam departemen, organisasi, mesin, dan industri yang berbeda. Pada intinya, OEE merupakan :

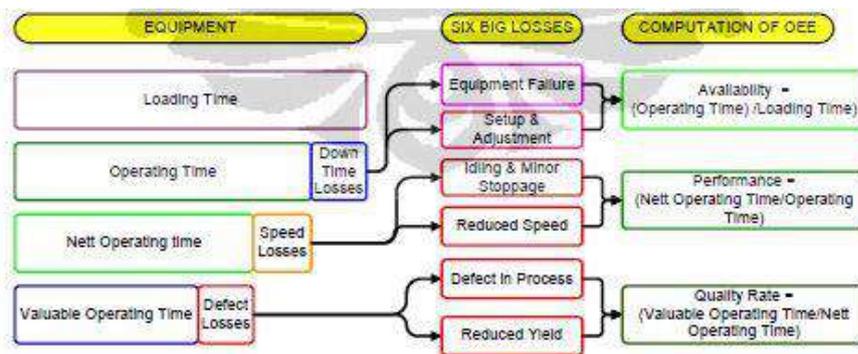
- a. Suatu ukuran yang mengidentifikasi potensi peralatan atau perangkat.
- b. OEE digunakan untuk mengidentifikasi dan melacak kerugian.
- c. OEE digunakan untuk mengidentifikasi *windows of opportunity*

OEE mampu meningkatkan efektivitas peralatan dan melatih operator untuk bertanggung jawab terhadap kegiatan rutin seperti inspeksi, membersihkan

komponen peralatan, perawatan mesin, dan perbaikan-perbaikan kecil. Kegiatan-kegiatan rutin tersebut mampu meningkatkan produktivitas, memperluas keterlibatan dan tanggung jawab para karyawan (Nakajima, 1989).

### 2.4.1 Pengukuran Nilai OEE

Keenam kerugian besar tersebut diukur untuk mengetahui berapa besar *Overall Equipment Effectiveness* sebagai fungsi dari *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio*. Secara garis besar perhitungan OEE dan semua fungsinya serta kerugian yang terjadi dilakukan dalam beberapa tahap yang disertai dengan penjelasan yang diuraikan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Tahap Perhitungan OEE

#### 1. *Availability Ratio*

Mengukur keseluruhan waktu di mana sistem tidak beroperasi karena terjadinya kerusakan alat, persiapan produksi dan penyetelan. Dengan kata lain *availability* diukur dari total waktu di mana peralatan dioperasikan setelah dikurangi waktu kerusakan alat dan waktu persiapan dan waktu 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 aktivitas perawatan yang sudah direncanakan.

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time}$$

## 2. *Performance Ratio*

Diukur sebagai rasio kecepatan operasi actual dari peralatan dengan kecepatan ideal berdasarkan kapasitas desain. Nakajima mengatakan bahwa *performance* mengindikasikan deviasi dari *ideal cycle time*.

$$Performance = \frac{Output\ x\ Cycle\ Time}{Operating\ Time}$$

$$Operating\ Time = Loading\ Time - Down\ time - Setup\ Time$$

## 3. *Quality Ratio*

Difokuskan kepada kerugian kualitas berupa 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.

$$Quality = \frac{Output - Reject}{Output}$$

4. *Overall Equipment Effectiveness (OEE) = Availability x Performance x Quality*

Hasil dari formula tersebut berupa angka presentase yang menggambarkan tingkat efektivitas penggunaan peralatan. Pada penerapannya angka ini akan berbeda-beda untuk tiap perusahaan.

Terdapat standar nilai OEE yang telah dipraktekkan secara luas diseluruh dunia. Penetapan standar nilai OEE tersebut dilakukan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Berikut adalah standar nilai OEE yang telah ditetapkan oleh JIPM (Heizer & Rendey, 2001):

Tabel 2.1 Standar Nilai OEE Berdasarkan JIPM

|            |  |
|------------|--|
| OEE = 100% | Produksi dianggap sempurna, hanya memproduksi produk tanpa cacat, bekeja dalam performansi yang cepat, dan tidak ada <i>downtime</i>   |
| OEE = 85%  | produksi dianggap kelas dunia. Bagi banyak perusahaan, skor ini merupakan skor yang cocok untuk dijadikan goal jangka panjang.   |
| OEE = 60%  | produksi dianggap wajar, tapi menunjukkan ada ruang yang besar untuk improvement.  |
| OEE = 40%  | produksi dianggap memiliki skor yang rendah, tapi dalam kebanyakan kasus dapat dengan mudah di-improve melalui pengukuran langsung (misalnya dengan menelusuri alasan-alasan downtime dan menangani sumber-sumber penyebab downtime secara satu per satu). |

Besarnya nilai OEE yang biasanya menjadi target perusahaan adalah sebesar 85%. Untuk mencapai nilai OEE minimal 85% maka nilai minimal untuk setiap variabel perhitungan OEE yaitu (Gasperz, 1998) :

1. Availability Rate sebesar 90%
2. Performance Efficiency sebesar 95%
3. Quality of Product sebesar 99,9%

## 2.5 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan atau kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. Para ahli memiliki beberapa definisi mengenai *failure mode and effect analysis*, definisi tersebut memiliki arti yang cukup luas dan apa bila dievaluasi lebih dalam memiliki arti yang serupa. Definisi *failure mode and effect analysis* tersebut disampaikan oleh:

1. Menurut Roger D. Leitch, definisi dari *Failure Mode and Effect Analysis* adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari engineer selama perancangan dan pengembangan. Analisa tersebut biasa disebut analisa “*bottom up*”, seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi tingkat awal dan mempertimbangkan kegagalan sistem yang merupakan hasil dari keseluruhan bentuk kegagalan yang berbeda.
2. Menurut John Moubrey, definisi dari *Failure Mode 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

Definisi menurut serta pengurutan atau ranking dari berbagai terminologi dalam FMEA adalah sebagai berikut :

1. Akibat potensial adalah akibat yang dirasakan atau dialami oleh pengguna akhir.
2. Mode kegagalan potensial adalah kegagalan atau kecacatan dalam desain yang menyebabkan cacat itu tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
3. Penyebab potensial dari kegagalan adalah kelemahan-kelemahan desain dan perubahan dalam variabel yang akan mempengaruhi proses dan menghasilkan kecacatan produk.
4. Occurance (O) adalah suatu perkiraan tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab akan terjadi dan menghasilkan modus kegagalan yang menyebabkan akibat tertentu.

Tabel 2.2 *Severity Rating*

| <b>Rating</b> | <b>Effect</b>             | <b>Kriteria</b>   |
|---------------|---------------------------|---|
| 1             | <i>None</i>               | Tidak dapat / tidak terlihat oleh pengguna  |
| 2             | <i>Very Slight</i>        | Efek tidak berarti / diabaikan.   |
| 3             | <i>Slight</i>             | Pengguna mungkin akan melihat efeknya tetapi efeknya hanya sedikit.   |
| 4             | <i>Minor</i>              | Pengguna akan mengalami dampak negatif yang kecil pada produk.  |
| 5             | <i>Moderate</i>           | Mengurangi kinerja dengan penurunan kinerja yang berangsur-angsur.  |
| 6             | <i>Severity</i>           | Dapat dioperasikan dan aman tetapi kinerja menurun.   |
| 7             | <i>High Severity</i>      | Kinerja produk sangat terpengaruh.  |
| 8             | <i>Very High Severity</i> | Produk tidak dapat dioperasikan tetapi aman   |
| 9             | <i>Extreme Severity</i>   | Kegagalan menghasilkan efek berbahaya yang sangat mungkin terjadi Kegagalan menghasilkan efek berbahaya yang sangat mungkin terjadi |
| 10            | <i>Maximum Severity</i>   | Kegagalan menghasilkan efek berbahaya hampir pasti  |

Sumber: (Dyadem, 2003)

Tabel 2.3 Occurance Rating

| <i>Degree</i>    | <b>Berdasarkan Frekuensi Kejadian</b> | <i>Rating</i> |
|------------------|---------------------------------------|---------------|
| <i>Remote</i>    | 0,01 per 1000 item                    | 1             |
| <i>Low</i>       | 0, 1 per 1000 item                    | 2             |
|                  | 0,5 per 1000 item                     | 3             |
| <i>Moderate</i>  | 1 per 1000 item                       | 4             |
|                  | 2 per 1000 item                       | 5             |
|                  | 5 per 1000 item                       | 6             |
| <i>High</i>      | 10 per 1000 item                      | 7             |
|                  | 20 per 1000 item                      | 8             |
| <i>Very High</i> | 50 per 1000 item                      | 9             |
|                  | 100 per 1000 item                     | 10            |

Sumber: (Gasperz, 2002)

Tabel 2.4 Detectability Rating

| <i>Rating</i> | <b>Kriteria Verbal</b>  |
|---------------|---|
| 1             | Metode pencegahan sangat efektif, tidak ada kesempatan penyebab mungkin muncul.                               |
| 2<br>3        | Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah.   |
| 4<br>5<br>6   | Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat, metode pencegahan kadang memungkinkan                          |
| 7<br>8        | Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi, metode pencegahan kurang efektif. Penyebab                        |
| 9<br>10       | Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi, metode pencegahan tidak efektif. Penyebab masih berulang kembali. |

Sumber: (Gasperz, 2002)

Setelah mendapatkan nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* maka akan diperoleh nilai RPN, dengan cara mengalikan nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* ( $RPN = S \times O \times D$ ) yang kemudian dilakukan pengurutan berdasarkan nilai RPN tertinggi sampai yang terendah. Setelah itu, kegiatan proses produksi yang mempunyai nilai RPN besar dan mempunyai peranan penting dalam suatu kegiatan produksi, dilakukan usulan perbaikan untuk menurunkan tingkat kecacatan produk

Nilai RPN didapatkan berdasarkan hasil perkalian dari *Severity* (S), *Occurance* (O), *Detection* (D). Setelah diketahui nilai RPN dari masing-masing komponen selanjutnya dilakukan penentuan risiko kritis, suatu resiko dikategorikan sebagai kritis jika memiliki nilai RPN di atas nilai kritis. (Revitasari, Novareza, dan Darmawan, 2014)

$$\text{Nilai kritis RPN} = \frac{\text{Total nilai RPN}}{\text{Jumlah komponen}}$$

### **2.5.1 Tujuan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)**

Terdapat banyak variasi didalam rincian FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), tetapi semua itu memiliki tujuan untuk melakukan perbaikan dengan cara:

1. Mengidentifikasi model-model kegagalan pada komponen, peralatan, dan sistem.
2. Menentukan akibat yang potensial pada peralatan, sistem yang berhubungan dengan setiap model kegagalan.

3. Membuat rekomendasi untuk menambah keandalan komponen, peralatan, dan sistem

## **2.6 *Mean Time To Failure & Mean Time To Repair***

### **2.6.1 *Mean Time To Failure***

*Mean Time To Failure* (MTTF) merupakan nilai rata-rata waktu kegagalan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen). Untuk sistem yang dapat direparasi, maka MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak kembali atau perlu di periksa kembali. (Anggono, Julianingsih, & Linawati, 2005)

### **2.6.2 *Mean Time To Repair***

*Mean Time To Repair* (MTTR) adalah waktu rata-rata untuk waktu pengecekan atau perbaikan saat komponen atau unit tersebut diperiksa sampai komponen atau unit tersebut digunakan atau dihidupkan kembali. (Anggono, Julianingsih, & Linawati, 2005)

## **2.7 Distribusi Kerusakan**

Distribusi kerusakan adalah informasi mengenai umur pakai suatu peralatan. Distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah distribusi yang menggunakan variabel acak yang kontinyu (waktu, jarak, temperatur). Oleh karena itu, distribusi

yang digunakan untuk menghitung waktu kerusakan dan waktu perbaikan adalah dengan distribusi Normal (Gaussian), Lognormal, Exponensial, dan Weibull.

## 1. Distribusi Normal

Parameter yang digunakan distribusi normal adalah  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Distribusi normal seringkali disebut dengan *Gaussian Distribution*, dimana dimana distribusi ini memiliki ciri simetris di sekitar rata-rata dengan sebaran di distribusi yang ditentukan oleh  $\sigma$  (Erlina 2007).

Fungsi-fungsi dari Distribusi Normal yaitu :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right); -\infty \leq x \leq \infty$$

- b. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

- c. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

- e. *Mean Time To Failure* (MTTF)

$$MTT/MTBF = \mu$$

Di mana,  $\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = standar deviasi

$\Phi$  = nilai  $Z$  yang diperoleh dari tabel distribusi normal

$x$  = peubah acak kontinu

## 2. Distribusi Weibull

Distribusi weibull pertama kali diperkenalkan oleh ahli fisika dari Swedia Wallodi Weibull pada tahun 1939. Dalam aplikasinya, distribusi ini sering digunakan untuk memodelkan “waktu sampai kegagalan” (*time to failure*) dari suatu sistem fisika. Ilustrasi yang khas, misalnya pada sistem di mana jumlah kegagalan meningkat dengan berjalannya waktu (misalnya keausan bantalan), berkurang dengan berjalannya waktu (misalnya daya hantar semi konduktor) atau kegagalan oleh suatu kejutan dalam sistem.

Distribusi weibull merupakan bagian distribusi kerusakan yang paling sering dipakai sebagai model distribusi masa hidup (*life time*). Distribusi weibull merupakan distribusi empirik sederhana yang mewakili data actual. Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan kerusakan dan keandalan pada komponen.

Fungsi-fungsi dari weibull :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

$$t \geq \gamma ; \alpha, \beta \geq 0$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

e. MTTF (*Mean Time To Failure*)

$$MTTF = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$\Gamma$  = Fungsi Gamma,  $\Gamma(n) = (n - 1)!$ , dapat diperoleh melalui nilai fungsi gamma.

Parameter  $\beta$  disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan weibull (*weibull slope*), sedangkan parameter  $\alpha$  disebut dengan parameter skala. Bentuk

fungsi distribusi weibull bergantung pada parameter bentuknya ( $\beta$ ), yaitu:

$\beta < 1$ : Distribusi Weibull akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dengan

laju kerusakan cenderung menurun.

$\beta = 1$ : Distribusi Weibull akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.

$\beta > 1$ : Distribusi Weibull akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

### 3. Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal menggunakan dua parameter yaitu sebagai parameter bentuk (*shape parameter*) dan tmed sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan (Erlina 2007).

Seperti distribusi Weibull, Lognormal ini memiliki bentuk yang berbeda, sering dijumpai kasus di mana data yang sesuai pada distribusi Weibull sesuai pula pada distribusi Lognormal.

Fungsi-fungsi dari distribusi Lognormal yaitu :

- a. Fungsi Kepadatan Peluang

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ - \left( \frac{[\ln(t) - \mu]}{2\sigma^2} \right)^2 \right]$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \Phi \left( \frac{\ln(x) - \mu}{\sigma} \right)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi \left( \frac{\ln(x) - \mu}{\sigma} \right)$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

- e. *Mean Time To Failure* (MTTF)

$$MTTF = \exp \left( \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right)$$

Di mana,  $\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = standar deviasi

$\Phi$  = nilai Z yang diperoleh dari tabel distribusi normal

$x$  = peubah acak kontinu

$t$  = waktu reparasi atau waktu operasional

#### 4. Distribusi Eksponensial

Distribusi ini ialah salah satu distribusi kerusakan yang biasa terjadi di dalam teknik keandalan. Distribusi Eksponensial memiliki laju kerusakan yang konstan terhadap waktu dan kerusakan yang bersifat acak. Distribusi Eksponensial merupakan salah satu dari distribusi keandalan yang paling mudah dianalisis menurut *Ebeling* (1997,p42). Menurut *Ebeling* (1997,p42), parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah  $\lambda$ . Parameter  $\lambda$  didefinisikan sebagai rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Dengan  $\lambda(t) = \lambda, t \geq 0, \lambda \geq 0$  maka didapatkan Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial adalah :

- a. Fungsi Kepadatan Peluang

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \text{ untuk } t \geq 0, \lambda \geq 0$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{(-\lambda t)}$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{(-\lambda t)}$$

- d. *Mean Time To Failure* (MTTF)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

Di mana,  $\lambda$  = parameter rata-rata

## 2.8 Identifikasi Pola Distribusi dan Parameter Distribusi

Identifikasi dilakukan dalam dua tahap yaitu identifikasi distribusi awal dan estimasi parameter.

### 2.8.1 Identifikasi Distribusi Awal

Identifikasi distribusi awal dilakukan dengan metode *linear regresion* dengan persamaan  $y = a + bx$ . Perhitungan dengan menggunakan metode ini yaitu:

1. Nilai Tengah Kerusakan (*Median Rank*)

$$F(t) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$$

Di mana:  $i$  = data waktu ke –  $t$

$n$  = jumlah kerusakan

2. *Index Of Fit*

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \right]} \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n} \right]}}$$

Perhitungan identifikasi awal untuk masing-masing distribusi adalah:

- a. Distribusi Normal

–  $x_i = t_i$ , waktu reparasi ke –  $i$  atau waktu operasional ke –  $i$

–  $y_i = z_i = \Phi^{-1} (F(t_i))$ , di mana nilai  $z_i = \Phi^{-1}$  dapat dilihat di tabel  $\Phi$

- b. Distribusi Lognormal

–  $x_i = \ln t_i$

–  $y_i = z_i = \Phi^{-1} (F(t_i))$

- c. Distribusi Eksponensial

–  $x_i = t_i$

–  $y_i = \ln(1 - F(t_i))$

- d. Distribusi Weibull

- $x_i = \ln t_i$
- $y_i = \ln \ln(1/1 - F(t_i))$

$$F(t_i) = \frac{t_i - \mu}{\sigma}$$

Di mana:  $\mu$  = rata – rata waktu reparasi atau rata – rata waktu operasional

$\sigma$  = simpangan baku waktu reparasi atau waktu operasional

$t_i$  = waktu reparasi ke – i atau waktu operasional ke – i

### 2.8.2 Estimasi Parameter

Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Estimasi untuk masing-masing parameter adalah:

- a. Distribusi Normal

Parameter adalah  $\mu$  dan  $\sigma$

$$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$$

- b. Distribusi Eksponensial

Parameter adalah  $\lambda$

$$\lambda = \frac{r}{T}$$

Ket.  $r = n$  = jumlah kerusakan,  $T$  = total waktu kerusakan

- c. Distribusi Lognormal

Parameter adalah  $\mu$  dan  $\sigma$

$$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}}$$

- d. Distribusi Weibull

Parameter untuk distribusi weibull dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut, yaitu:

$$F(t_i) = 1 - \exp - \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta$$

Untuk menaksir parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  dapat dilakukan dengan regresi linear.

Parameter  $\beta$  dan  $\alpha$

$$\beta = \frac{n * \sum x_i y_i - \sum x_i * \sum y_i}{n * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\alpha = \frac{\sum y_i - b * \sum x_i}{n}$$

Di mana:  $x_i = t_i$ , waktu reparasi ke - i atau waktu operasional ke - i

$y_i = z_i = \Phi^{-1} (F(t_i))$ , di mana nilai  $z_i = \Phi^{-1}$  dapat dilihat di tabel  $\Phi$

## 2.9 Mesin *Filling* Galon

Mesin *Filling* Galon merupakan mesin yang digunakan untuk mengisi air minum ke dalam galon.

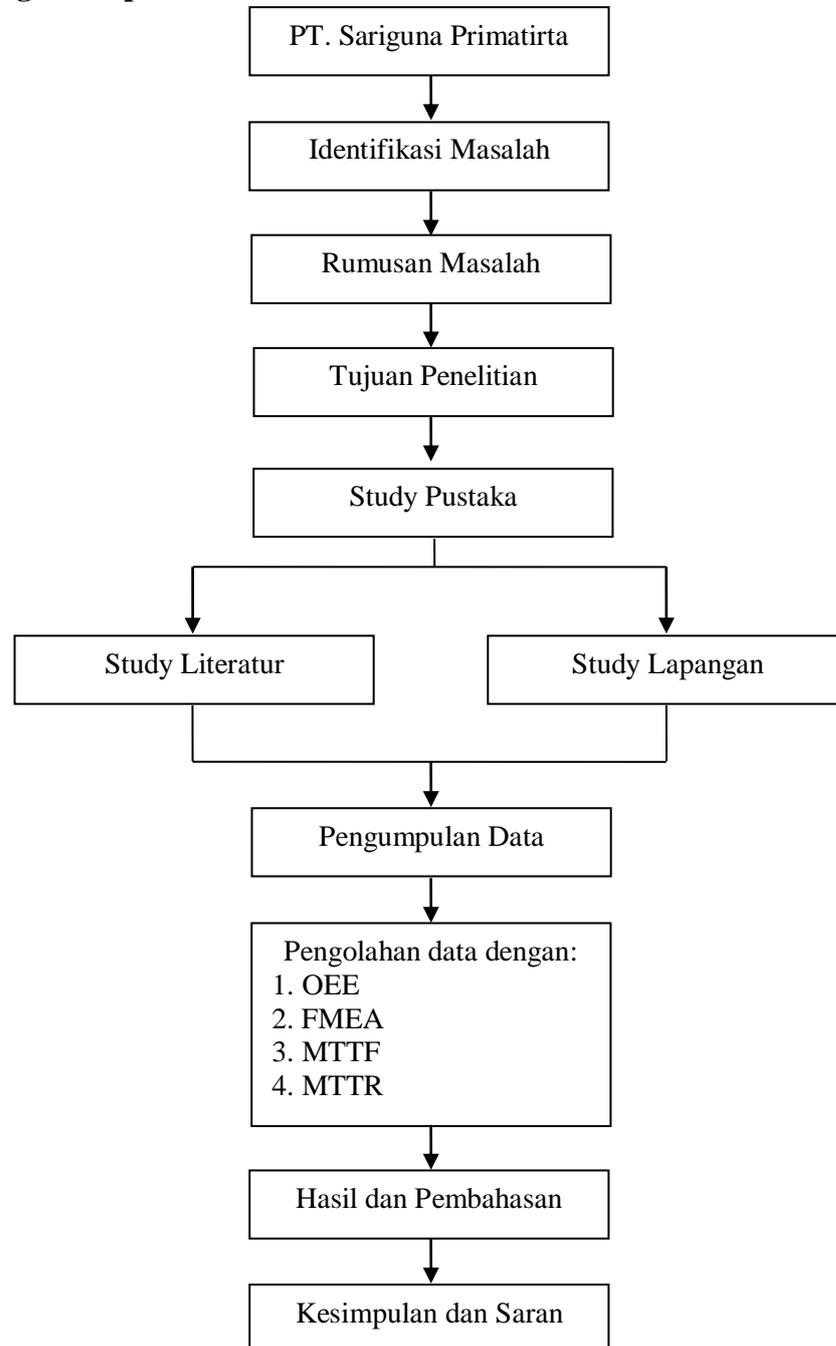


Gambar 2.2 Mesin *Filling* Galon

Adapun komponen-komponen mesin *filling* galon adalah sebagai berikut:

1. Pneumatic Silinder
2. Heater
3. Nozze Galon
4. Motor Penggerak
5. Pompa
6. Gearbox
7. Sensor

## 2.10 Kerangka Berpikir



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat Dan Waktu**

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Sariguna Prima Tirta, yang berlokasi di PT. Sariguna Prima Tirta yang terletak di Jl. Poros Malino KM.25, Samaya, Romang Loe Bonto Marannu, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia, penelitian ini dilaksanakan pada 17 Juli 2019 – 6 September 2019.

#### **3.2 Alat Dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan:

1. *Software* Weibull-DR 21
2. Microsoft Word 2010
3. Microsoft Excel 2010
4. Laptop
5. Alat tulis
6. Data primer dari PT. Sariguna Prima Tirta dari bulan Februari – Agustus tahun 2019

#### **3.3 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dan deskriptif. Metode penelitian kuantitatif adalah penelitian menggunakan eksperimental untuk menguji hipotesis dengan tujuan menemukan generalisasi dan menekankan pada pengukuran dan analisis hubungan sebab akibat diantara variabel.

Sedangkan penelitian deskriptif menurut Widodo dan Mukhtar (2000) kebanyakan tidak dimaksudkan untuk menguji hipotesis tertentu, melainkan lebih pada menggambarkan apa adanya suatu gejala, variabel, atau keadaan. Namun demikian, tidak berarti semua penelitian deskriptif bukan dimaksudkan untuk diuji melainkan bagaimana berusaha menemukan sesuatu yang berarti sebagai alternatif dalam mengatasi masalah penelitian melalui prosedur ilmiah.

Penelitian deskriptif tidak hanya terbatas pada masalah pengumpulan data dan penyusunan data, tapi juga meliputi analisis dan interpretasi tentang arti data tersebut.

### **3.4 Teknik Pengumpulan Data**

Dalam pengumpulan data, peneliti menggunakan teknik pengumpulan data yaitu:

1. Observasi

Kegiatan yang dilakukan dengan pengamatan langsung di lokasi penelitian yaitu PT Sariguna Prima Tirta guna mendapatkan data penunjang penelitian.

2. Wawancara

Kegiatan tanya jawab pada pihak yang berkaitan langsung dengan objek yang diteliti. Pengambilan data pada saat wawancara dilakukan dengan bantuan set pertanyaan wawancara kepada responden yg merupakan profesional ahli dlm bidang perencanaan penjadwalan perawatan.

3. Kajian Pustaka

Teknik pengumpulan data dengan membuka website dan membaca referensi yang berhubungan dengan objek penelitian.

#### 4. Dokumen Perusahaan

Dilakukan dengan mengumpulkan data perusahaan yang berkaitan dengan objek penelitian.

### 3.5 Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini berupa data produksi dan *downtime*. Yang mana data produksi dianalisa menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* untuk mengukur tingkat keefektifan secara menyeluruh dengan memperhitungkan *Availability, Performance, and Quality*. Setelah diketahui tingkat efektifitas mesin *filling* galon maka dilakukan analisa penyebab dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis*. Kemudian dilakukan perhitungan distribusi yang dilakukan dengan menggunakan *software weibull-dr 2* dimana perhitungan ini bertujuan mendapatkan nilai kemungkinan mesin dapat beroperasi sampai waktu tertentu dan menghitung nilai harapan siklus kerusakan. Pemilihan distribusi berdasarkan nilai peluang atau *P-value* terbesar. Setelah di dapatkan nilai peluang dan parameter distribusi maka selanjutnya perhitungan MTTF (*Mean time To failure*) dan MTTR (*Mean Time To repair*) perhitungan MTTF dan MTTR dilakukan berdasarkan parameter distribusi yang terpilih sebagai usulan penjadwalan perawatan mesin *filling* galon.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang berkaitan dengan mesin *filling* galon selama bulan Februari – Agustus tahun 2019 pada PT. Sariguna Prima Tirta.

##### 1. Data Jam Kerja.

PT. Sariguna Prima Tirta menggunakan 3 *shift* dalam proses produksinya. *Shift* 1 yang dimulai dari pukul 07.00 – 15.00, *shift* 2 yang dimulai pukul 15.00 – 23.00, dan *shift* 3 yang dimulai pukul 23.00 – 07.00. Namun pada hari Sabtu hanya menggunakan 5 jam kerja sehingga pada *shift* 1 dimulai pukul 07.30 – 12.30, *shift* 2 dimulai pukul 12.30 – 17.30, dan *shift* 3 yang dimulai pukul 17.30 – 22.30.

##### 2. Data Hasil Produksi

Tabel 4.1 Hasil Produksi Mesin Filling Galon 20 L

| <b>Bulan</b> | <b>Total Output (Galon)</b> | <b>Defect (Galon)</b> | <b>Good Product (Galon)</b> |
|--------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Februari     | 101226                      | 4479                  | 96747                       |
| Maret        | 106366                      | 4635                  | 101731                      |
| April        | 106942                      | 4568                  | 102374                      |
| Mei          | 104275                      | 4335                  | 99940                       |
| Juni         | 90013                       | 4558                  | 85455                       |
| Juli         | 102293                      | 4617                  | 97676                       |
| Augustus     | 103466                      | 4265                  | 99201                       |
| <b>Total</b> | <b>714581</b>               | <b>31457</b>          | <b>683124</b>               |

(Sumber data : Departemen Produksi PT Sariguna Prima Tirta)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil produksi dari bulan Februari hingga Agustus mencapai 714.581 galon. Sedangkan *defect* atau *product reject* selama bulan Februari hingga Agustus yaitu 31.457 galon, dan *good product* dari bulan Februari hingga Agustus yaitu 683.124 galon.

#### 5. *Ideal Cycle Time*

PT Sariguna Prima Tirta telah menetapkan bahwa target mesin *filling* galon dalam satu jam produksi yaitu 300 galon. Yang berarti dalam satu menitnya mesin *filling* galon *idealnya* dapat menyelesaikan 5 galon.

#### 6. *Data Planned Downtime*

*Planned downtime* adalah jumlah waktu *downtime* mesin untuk pemeliharaan (*scheduled maintenance*) atau kegiatan manajemen lainnya seperti kurangnya permintaan atau telah terpenuhinya target produksi.

Tabel 4.2 Data *Planned Downtime* Mesin *Filling* Galon

| <b>Planned Downtime</b> |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| <b>Bulan</b>            | <b>Planned Downtime (Menit)</b> |
| Februari                | 630                             |
| Maret                   | 715                             |
| April                   | 650                             |
| Mei                     | 670                             |
| Juni                    | 530                             |
| Juli                    | 780                             |
| Agustus                 | 720                             |
| <b>Total</b>            | <b>4695</b>                     |

(Sumber data : Dept. Teknik PT Sariguna Prima Tirta)

## 7. Data *Unplanned Downtime*

Tabel 4.3 Data *Unplanned Downtime* Mesin *Filling Galon*

| <b>Unplanned Downtime</b> |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| <b>Bulan</b>              | <b>Breakdown (Menit)</b> |
| Februari                  | 3649                     |
| Maret                     | 4053                     |
| April                     | 3787                     |
| Mei                       | 3017                     |
| Juni                      | 3632                     |
| Juli                      | 4982                     |
| Augustus                  | 4895                     |
| <b>Total</b>              | <b>28015</b>             |

(Sumber data : Dept. Teknik PT Sariguna Prima Tirta)

Data *unplanned downtime* didapatkan dari jumlah waktu saat mesin tidak beroperasi karena mesin *breakdown* sampai mesin kembali berjalan normal.

## 8. Data Kerusakan Komponen mesin *filling* galon

Berikut adalah data kerusakan komponen mesin *filling* galon yang berisi komponen yang terdapat dalam mesin *filling* galon, kerusakan yang terjadi pada tiap komponen dan penyebab dari kerusakan yang terjadi tiap komponen.

Tabel 4.4 Data Kerusakan Komponen Mesin *Filling* Galon 20 L

(Februari – Agustus 2019)

| Komponen           | Keterangan             | Penyebab Kerusakan  |
|--------------------|------------------------|---|
| Pneumatic Silinder | Pendorong galon patah  | Pemberian beban yang berlebihan                                       |
|                    | <i>Jammed</i>          | Terjadinya arus hubungan pendek                                       |
| Heater             | Heater kurang panas    | Masuknya rembesan air pada komponen                                   |
| Nozzle Galon       | Spring patah           | Pemberian beban yang berlebihan dengan frekuensi yang tinggi          |
| Motor Penggerak    | <i>Jammed</i>          | Terjadinya arus hubungan pendek                                       |
| Pompa              | Pompa rinsing terbakar | Masuknya rembesan air sehingga memicu terjadinya arus hubungan pendek |
| Gearbox            | Macet                  | Gerigi yang aus   |
| Sensor             | Sensivitas berkurang   | Terkena air   |

(Sumber data : Dept. Teknik PT Sariguna Prima Tirta)

## 7. Data Defect Product

Tabel 4.5 Data Defect Product Galon 20 L

| Periode  | Galon Kotor | Tidak Ada Seal Galon (Pcs) | Seal Galon rusak (Pcs) | Air Galon Tidak Full (Pcs) | Galon Bocor (Pcs) | Good Product (Pcs) | Cacat (Pcs) |
|----------|-------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| Februari | 925         | 933                        | 910                    | 867                        | 844               | 96747              | 4479        |
| Maret    | 978         | 962                        | 912                    | 894                        | 889               | 101731             | 4635        |
| April    | 940         | 887                        | 897                    | 919                        | 925               | 102374             | 4568        |
| Mei      | 895         | 835                        | 828                    | 890                        | 887               | 99940              | 4335        |
| Juni     | 953         | 901                        | 912                    | 911                        | 881               | 85455              | 4558        |
| Juli     | 986         | 949                        | 917                    | 889                        | 876               | 97676              | 4617        |
| Agustus  | 903         | 864                        | 843                    | 833                        | 822               | 99201              | 4265        |

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa *defect* produk terbagi menjadi 5 jenis yaitu galon kotor, tidak ada seal, seal galon rusak, air galon tidak full, dan galon bocor.

Pada tabel di atas air galon tidak *full* disebabkan karena mesin *filling* galon mengalami *breakdown* sehingga proses pengisian menjadi terlalu cepat, yang menyebabkan adanya *product defect*.

## 4.2 Pengolahan Data

### 1. *Loading Time*

*Loading time* adalah waktu yang tersedia (*availability*) per hari atau perbulan yang dikurangkan dengan waktu *planned downtime*.

Tabel 4.6 Data *Loading Time* Mesin *Filling* Galon

| <b>Bulan</b> | <b>Availability Time (Menit)</b> | <b>Planned Downtime (Menit)</b> | <b>Loading Time (Menit)</b> |
|--------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Februari     | 26450                            | 630                             | 25820                       |
| Maret        | 28220                            | 715                             | 27505                       |
| April        | 28145                            | 650                             | 27495                       |
| Mei          | 25950                            | 670                             | 25280                       |
| Juni         | 22265                            | 530                             | 21735                       |
| Juli         | 26735                            | 780                             | 25955                       |
| Augustus     | 27240                            | 720                             | 26520                       |
| <b>Total</b> | <b>185005</b>                    | <b>4695</b>                     | <b>180310</b>               |

(Sumber data : Data Diolah 2020)

### 2. *Operating Time*

*Operation time* merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan *downtime* mesin atau dengan kata lain *operation time* adalah waktu operasi yang tersedia untuk melakukan proses produksi yang didapatkan dari hasil pengurangan antara nilai *loading time* dengan *unplanned downtime*.

Tabel 4.7 Data *Operating Time* Mesin *Filling Galon*

| <b>Bulan</b> | <b>Loading Time (Menit)</b> | <b>Unplanned Downtime (Menit)</b> | <b>Operating Time (Menit)</b> |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Februari     | 25820                       | 3649                              | 22171                         |
| Maret        | 27505                       | 4053                              | 23452                         |
| April        | 27495                       | 3787                              | 23708                         |
| Mei          | 25280                       | 3017                              | 22263                         |
| Juni         | 21735                       | 3632                              | 18103                         |
| Juli         | 25955                       | 4982                              | 20973                         |
| Agustus      | 26520                       | 4895                              | 21625                         |
| <b>Total</b> | <b>180310</b>               | <b>28015</b>                      | <b>152295</b>                 |

(Sumber data: Data Diolah 2020)

### 3. Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai OEE Mesin *Filling Galon* 20 L

| <b>Bulan</b>     | <b>Availability</b> | <b>Performance</b> | <b>Quality</b> | <b>OEE</b>    | <b>Standar</b> |
|------------------|---------------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| Februari         | 85,87%              | 91,31%             | 95,58%         | 74,94%        | 85%            |
| Maret            | 85,26%              | 90,71%             | 95,64%         | 73,97%        | 85%            |
| April            | 86,23%              | 90,22%             | 95,73%         | 74,47%        | 85%            |
| Mei              | 88,07%              | 93,68%             | 95,84%         | 79,07%        | 85%            |
| Juni             | 83,29%              | 99,45%             | 94,98%         | 78,67%        | 85%            |
| Juli             | 80,81%              | 97,55%             | 95,49%         | 75,27%        | 85%            |
| Agustus          | 81,54%              | 95,69%             | 95,88%         | 74,81%        | 85%            |
| <b>Rata-rata</b> | <b>84,44%</b>       | <b>94,09%</b>      | <b>95,59%</b>  | <b>75,88%</b> | <b>85%</b>     |

(Sumber : Data Diolah 2020)

Berdasarkan tabel di atas dapat terlihat bahwa rata-rata nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada mesin *filling galon* selama bulan Februari hingga Agustus 2019 adalah 75,88% yang mana nilai tersebut masih berada di bawah standar OEE yang ditetapkan oleh internasional yaitu 85% menurut JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*). Nilai tersebut menurut JIPM berada pada kategori

produksi dianggap wajar, tapi menunjukkan ada ruang yang besar untuk melakukan *improvement* dalam upaya peningkatan efektifitas mesin.

Berdasarkan tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa diantara *availability*, *performance*, dan *quality* dalam perhitungan nilai OEE mesin *filling* galon *availability* memiliki rata-rata nilai terendah yaitu 84,44% yang belum memenuhi standar, nilai standar untuk *availability* menurut JIPM yaitu 90%. Jika dibandingkan juga dengan *performance* yang memiliki rata-rata 94,09% dan *quality* yang memiliki nilai rata-rata 95,59%. Rendahnya nilai *availability* merupakan faktor yang signifikan mempengaruhi rendahnya nilai OEE.

Rendahnya rata-rata *availability* dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu kerugian akibat gangguan (*downtime*), istirahat minum kopi dan makan siang (*coffee and lunch breaks*), pergantian dan *set-up* peralatan, pemeliharaan “mendadak”, menunggu faktor pendukung, menunggu pengawas, menunggu untuk pemeliharaan, tidak ada operator, menunggu *paperwork*, pergantian *shift*, menunggu inspeksi pertama. Namun menurut perhitungan di atas penyebab tersasar rendahnya nilai *availability* dari mesin *filling* galon yaitu karena besarnya *unplanned downtime* yang terjadi hal ini dapat dilihat dengan total 28015 menit selama bulan Februari hingga bulan Agustus.

#### 4. Analisis Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Setelah melakukan pengamatan pada departemen produksi pada mesin *filling* galon maka didapatkan *failure mode and effect* pada tiap bentuk kegagalan. Data ini diperoleh melalui observasi langsung serta wawancara dengan kepala teknisi

yang menangani mesin *filling* galon. Berikut ini adalah analisis perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dari FMEA untuk mesin *filling* galon

Tabel 4.9 Nilai RPN Komponen Mesin *Filling* Galon

| No | Komponen           | Failure Effect                                | Failure Mode                      | Failure Causes  | Severity | Occurance | Detection | RPN |
|----|--------------------|---|-----------------------------------|---|----------|-----------|-----------|-----|
| 1  | Pneumatic Silinder | Galon tidak dapat masuk ke proses selanjutnya | Pendorong galon patah             | Pemberian beban yang berlebihan dan tidak memberikan waktu untuk beristirahat | 6        | 5         | 8         | 240 |
|    |                    | Mesin filling galon berhenti berproduksi      | Mesin mengalami <i>jammed</i>     | Terjadinya arus hubungan pendek   | 6        | 5         | 6         | 180 |
| 2  | Heater             | Adanya kontaminasi pada galon                 | Heater kurang panas               | Masuknya rembesan air pada komponen   | 6        | 3         | 5         | 90  |
| 3  | Nozzle Galon       | Galon tidak terisi dengan penuh               | Spring patah                      | Pemberian beban yang berlebihan dengan frekuensi yang tinggi                  | 5        | 7         | 5         | 175 |
|    |                    | Galon tidak terisi dengan penuh               | Aliran air kecil                  | Tersumbat oleh air yang mengering   | 3        | 2         | 2         | 12  |
| 4  | Motor Penggerak    | Banyaknya galon yang tidak terisi penuh       | Mesin mengalami Jammed            | Terjadinya arus hubungan pendek   | 3        | 3         | 5         | 45  |
|    |                    | Mesin berbunyi                                | Mesin mengeluarkan bunyi gangguan | Keterlambatan pergantian pelumas  | 2        | 2         | 2         | 8   |
| 5  | Pompa              | Aliran air menjadi terhambat                  | Pompa rinsing terbakar            | Masuknya rembesan air sehingga memicu terjadinya arus hubungan pendek         | 5        | 8         | 8         | 320 |

|              |                |  |                               |                        |          |          |          |             |
|--------------|----------------|--|-------------------------------|------------------------|----------|----------|----------|-------------|
|              | <b>Pompa</b>   | <b>Pompa tidak berjalan</b>  | <b>Pompa mengalami jammed</b> | <b>Daya yang turun</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>4</b> | <b>24</b>   |
| <b>6</b>     | <b>Gearbox</b> | <b>Proses pengisian menjadi tidak lancar dikarenakan mesin yang berjalan terlalu cepat</b> | <b>Macet</b>                  | <b>Gerigi yang aus</b> | <b>5</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>30</b>   |
| <b>7</b>     | <b>Sensor</b>  | <b>Mesin filling galon menjadi berhenti sesaat</b>   | <b>Sensivitas berkurang</b>   | <b>Terkena air</b>     | <b>5</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>30</b>   |
| <b>Total</b> |                |  |                               |                        |          |          |          | <b>1154</b> |

(Sumber : Data diolah)

Berdasarkan tabel 4.9 dapat diketahui nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari masing-masing komponen mesin *filling* galon. Nilai RPN didapatkan berdasarkan hasil perkalian dari *Severity* (S), *Occurance* (O), *Detection* (D). Setelah diketahui nilai RPN dari masing-masing komponen selanjutnya dilakukan penentuan risiko kritis, suatu resiko dikategorikan sebagai kritis jika memiliki nilai RPN di atas nilai kritis.(Revitasari, Novareza, dan Darmawan, 2014)

$$\begin{aligned} \text{Nilai kritis RPN} &= \frac{1154}{7} \\ &= 164,86 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka didapatkan nilai kritis yaitu 164,86 sehingga dari perhitungan tersebut diketahui prioritas perbaikan dapat diberikan kepada kegagalan dengan nilai RPN di atas nilai kritis. Dari tabel 4.9 maka diketahui yang komponen yang memiliki nilai RPN di atas nilai kritis yaitu pneumatic silinder sebesar 420 dengan permasalahan mesin *filling* galon yang berhenti berproduksi yang dikarenakan terjadinya hubungan arus pendek, pemberian beban yang berlebihan, dan tidak memberikan waktu untuk istirahat, pompa dengan permasalahan pompa rinsing terbakar dikarenakan masuknya rembesan air yang memicu terjadinya korslet dan daya yang turun dengan nilai RPN sebesar 344 dan nozzle dengan permasalahan spring patah dan aliran air yang kecil yang dikarenakan pemberian beban yang berlebihan dengan frekuensi yang tinggi dan air yang mengering dengan nilai RPN sebesar 187.

##### 5. Perhitungan Waktu Antar Kerusakan dan Perbaikan

Waktu antar kerusakan atau *Time To Failure* (TTF) merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan antara perbaikan kerusakan dengan lama operasi periode

gangguan. Sedangkan *Time To Repaire* (TTR) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu komponen yang mengalami kerusakan.

Berdasarkan hasil dari metode FMEA diketahui terdapat 3 komponen yang memiliki nilai RPN di atas nilai kritis yang menyebabkan rendahnya efektifitas mesin *filling* galon yaitu komponen Pneumatic Silinder, Pompa, dan Nozzle. Masing-masing downtime dari ketiga komponen tersebut berjumlah selama 13.047 menit untuk Pneumatic Silinder, 7.532 menit untuk Pompa, dan 5.044 menit untuk Nozzle.

Hasil perhitungan waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan pada komponen mesin *filling* galon yaitu komponen pneumatic silinder, pompa, dan nozzle dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Pneumatic Silinder

| Pneumatic Silinder |                |                       |                     |                               |                       |
|--------------------|----------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Tanggal            | Downtime (Jam) | Time To Repaire (Jam) | Waktu Operasi (Jam) | Waktu Kumulatif Operasi (Jam) | Time To Failure (Jam) |
| 06/02/2019         | 5,2667         | 5,2667                | 0                   | 0                             | 0                     |
| 14/02/2019         | 17,017         | 17,017                | 168                 | 168                           | 162,7333              |
| 27/02/2019         | 9,6333         | 9,6333                | 264                 | 432                           | 246,9833              |
| 08/03/2019         | 12,733         | 12,733                | 168                 | 600                           | 158,3667              |
| 16/03/2019         | 9,7333         | 9,7333                | 168                 | 768                           | 155,2667              |
| 23/03/2019         | 12,583         | 12,583                | 144                 | 912                           | 134,2667              |
| 12/04/2019         | 11,567         | 11,567                | 384                 | 1296                          | 371,4167              |
| 22/04/2019         | 10,233         | 10,233                | 168                 | 1464                          | 156,4333              |
| 03/05/2019         | 11,883         | 11,883                | 216                 | 1680                          | 205,7667              |
| 13/05/2019         | 13,917         | 13,917                | 192                 | 1872                          | 180,1167              |
| 24/05/2019         | 3,6            | 3,6                   | 240                 | 2112                          | 226,0833              |
| 10/06/2019         | 10,25          | 10,25                 | 144                 | 2256                          | 140,4                 |
| 14/06/2019         | 3,7667         | 3,7667                | 96                  | 2352                          | 85,75                 |
| 17/06/2019         | 10,833         | 10,833                | 48                  | 2400                          | 44,2333               |
| 28/06/2019         | 5,6            | 5,6                   | 240                 | 2640                          | 229,1667              |
| 04/07/2019         | 9,0667         | 9,0667                | 144                 | 2784                          | 138,4                 |
| 10/07/2019         | 13,383         | 13,383                | 120                 | 2904                          | 110,9333              |
| 20/07/2019         | 9,5            | 9,5                   | 216                 | 3120                          | 202,6167              |
| 25/07/2019         | 3,4667         | 3,4667                | 96                  | 3216                          | 86,5                  |
| 05/08/2019         | 13,767         | 13,767                | 216                 | 3432                          | 212,5333              |
| 14/08/2019         | 10,917         | 10,917                | 192                 | 3624                          | 178,2333              |
| 20/08/2019         | 4,4833         | 4,4833                | 96                  | 3720                          | 85,0833               |
| 29/08/2019         | 4,25           | 4,25                  | 192                 | 3912                          | 187,5167              |
| <b>Total</b>       | <b>217,45</b>  | <b>217,45</b>         | <b>3912</b>         | <b>47664</b>                  | <b>3698,8</b>         |
| <b>Rata-rata</b>   | <b>9,45</b>    | <b>9,45</b>           | <b>170,087</b>      | <b>2072,35</b>                | <b>160,82</b>         |

(Sumber : Data diolah)

Berdasarkan tabel 4.10 *downtime* yang berarti waktu kerusakan yang terjadi akibat kegagalan pada komponen Pneumatic Silinder dari bulan Februari hingga Agustus berjumlah 217,45 jam, *time to repaire* adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan tersebut yang berjumlah 217,45 jam selama bulan Februari hingga Agustus. *Downtime* dan *time to repaire* memiliki nilai yang sama

dikarenakan perbaikan dilakukan langsung pada saat mesin mengalami kerusakan sehingga waktu antara *downtime* dan *time to repaire* tidak jauh berbeda dan hampir sama. Waktu operasi adalah lama waktu penggunaan mesin selama mesin mengalami kerusakan pertama hingga mesin rusak kembali, rata-rata waktu operasi selama bulan Februari hingga Agustus adalah 170,087 jam, waktu kumulatif operasi adalah jumlah waktu operasi mesin, rata-rata waktu kumulatif operasi mesin selama bulan Februari hingga Agustus adalah 2.072,35 jam, dan *time to failure* adalah waktu mesin rusak kembali dari kerusakan sebelumnya, jumlah *time to failure* selama bulan Februari hingga Agustus adalah 3.698,8 jam.

Tabel 4.11 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Pompa

| Pompa            |                |                       |                     |                               |                      |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|
| Tanggal          | Downtime (Jam) | Time To Repaire (Jam) | Waktu Operasi (Jam) | Waktu Kumulatif Operasi (Jam) | TimeTo Failure (Jam) |
| 07/02/2019       | 5,45           | 5,45                  | 0                   | 0                             | 0                    |
| 19/02/2019       | 6,4667         | 6,4667                | 240                 | 240                           | 234,55               |
| 06/03/2019       | 8,9            | 8,9                   | 312                 | 552                           | 305,5333             |
| 15/03/2019       | 7,9833         | 7,9833                | 168                 | 720                           | 159,1                |
| 30/03/2019       | 5              | 5                     | 312                 | 1032                          | 304,0167             |
| 05/04/2019       | 8,25           | 8,25                  | 96                  | 1128                          | 91                   |
| 09/04/2019       | 6,9333         | 6,9333                | 72                  | 1200                          | 63,75                |
| 25/04/2019       | 9,6            | 9,6                   | 312                 | 1512                          | 305,0667             |
| 02/05/2019       | 7,5            | 7,5                   | 120                 | 1632                          | 110,4                |
| 17/05/2019       | 10,7667        | 10,7667               | 312                 | 1944                          | 304,5                |
| 11/06/2019       | 3,6            | 3,6                   | 312                 | 2256                          | 301,2333             |
| 27/06/2019       | 5              | 5                     | 336                 | 2592                          | 332,4                |
| 06/07/2019       | 10,55          | 10,55                 | 192                 | 2784                          | 187                  |
| 17/07/2019       | 9,9833         | 9,9833                | 216                 | 3000                          | 205,45               |
| 29/07/2019       | 8,3333         | 8,3333                | 240                 | 3240                          | 230,0167             |
| 06/08/2019       | 4,55           | 4,55                  | 168                 | 3408                          | 159,6667             |
| 21/08/2019       | 6,6667         | 6,6667                | 288                 | 3696                          | 283,45               |
| <b>Total</b>     | <b>125,53</b>  | <b>125,53</b>         | <b>3696</b>         | <b>30936</b>                  | <b>3577,13</b>       |
| <b>Rata-rata</b> | <b>7,3843</b>  | <b>7,3843</b>         | <b>217,41</b>       | <b>1819,76</b>                | <b>210,42</b>        |

(Sumber : Data diolah)

Berdasarkan tabel 4.11 *downtime* yang berarti waktu kerusakan yang terjadi akibat kegagalan pada komponen Pompa dari bulan Februari hingga Agustus berjumlah 125,53 jam, *time to repaire* adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan tersebut yang berjumlah 125,53 jam selama bulan Februari hingga Agustus. *Downtime* dan *time to repaire* memiliki nilai yang sama dikarenakan perbaikan dilakukan langsung pada saat mesin mengalami kerusakan sehingga waktu antara *downtime* dan *time to repaire* tidak jauh berbeda dan hampir sama. Waktu operasi adalah lama waktu penggunaan mesin selama mesin mengalami kerusakan pertama hingga mesin rusak kembali, rata-rata waktu operasi selama bulan Februari hingga Agustus adalah 217,41 jam, waktu kumulatif operasi adalah jumlah waktu operasi mesin rata-rata waktu kumulatif operasi mesin selama bulan Februari hingga Agustus adalah 1.819,76 jam, dan *time to failure* adalah waktu mesin rusak kembali dari kerusakan sebelumnya, jumlah *time to failure* selama bulan Februari hingga Agustus adalah 3.577,13 jam.

Tabel 4.12 Perhitungan TTR dan TTF Komponen Nozzle

| Nozzle           |                |                       |                     |                               |                       |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Tanggal          | Downtime (Jam) | Time To Repaire (Jam) | Waktu Operasi (Jam) | Waktu Kumulatif Operasi (Jam) | Time To Failure (Jam) |
| 01/02/2019       | 7,5            | 7,5                   | 0                   | 0                             | 0                     |
| 22/02/2019       | 4,75           | 4,75                  | 408                 | 408                           | 400,5                 |
| 11/03/2019       | 10,3167        | 10,3167               | 312                 | 720                           | 307,25                |
| 17/04/2019       | 7,2833         | 7,2833                | 744                 | 1464                          | 733,6833              |
| 12/06/2019       | 8,75           | 8,75                  | 912                 | 2376                          | 904,7167              |
| 15/06/2019       | 7,9            | 7,9                   | 72                  | 2448                          | 63,25                 |
| 28/06/2019       | 2,0667         | 2,0667                | 264                 | 2712                          | 256,1                 |
| 01/07/2019       | 5,7            | 5,7                   | 48                  | 2760                          | 45,9333               |
| 10/07/2019       | 8,6833         | 8,6833                | 192                 | 2952                          | 186,3                 |
| 13/07/2019       | 2,6667         | 2,6667                | 72                  | 3024                          | 63,3167               |
| 01/08/2019       | 7,1            | 7,1                   | 384                 | 3408                          | 381,3333              |
| 15/08/2019       | 5,95           | 5,95                  | 288                 | 3696                          | 280,9                 |
| 23/08/2019       | 5,4            | 5,4                   | 144                 | 3840                          | 138,05                |
| <b>Total</b>     | <b>84,067</b>  | <b>84,067</b>         | <b>3840</b>         | <b>29808</b>                  | <b>3761,33</b>        |
| <b>Rata-rata</b> | <b>6,467</b>   | <b>6,467</b>          | <b>295,38</b>       | <b>2292,92</b>                | <b>289,33</b>         |

(Sumber : Data diolah)

Berdasarkan tabel 4.12 *downtime* yang berarti waktu kerusakan yang terjadi akibat kegagalan pada komponen Nozzle dari bulan Februari hingga Agustus berjumlah 84,067 jam, *time to repaire* adalah waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan tersebut yang berjumlah 84,067 jam selama bulan Februari hingga Agustus. *Downtime* dan *time to repaire* memiliki nilai yang sama dikarenakan perbaikan dilakukan langsung pada saat mesin mengalami kerusakan sehingga waktu antara *downtime* dan *time to repaire* tidak jauh berbeda dan hampir sama. Waktu operasi adalah lama waktu penggunaan mesin selama mesin mengalami kerusakan pertama hingga mesin rusak kembali, rata-rata waktu operasi selama bulan Februari hingga Agustus adalah 295,38 jam, waktu

kumulatif operasi adalah jumlah waktu operasi mesin rata-rata waktu kumulatif operasi mesin selama bulan Februari hingga Agustus adalah 2.292,92 jam, dan *time to failure* adalah waktu mesin rusak kembali dari kerusakan sebelumnya, jumlah *time to failure* selama bulan Februari hingga Agustus adalah 3.761,33 jam.

6. Distribusi Waktu Kerusakan/*Time To Failure* (TTF) dan Perbaikan/*Time to Repair* (TTR)

Untuk pemilihan pola distribusi kerusakan dilakukan dengan menggunakan data selang waktu antar kerusakan antar komponen. Distribusi yang digunakan adalah distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan weibull. Pemilihan pola distribusi dilakukan dengan memilih *index of fit* (r) atau koefisien korelasiterbesar. Begitu pula dengan pemilihan pola distribusi perbaikan.

Koefisien korelasi mempunyai nilai antara 0 dan +1 yang menunjukkan kekuatan hubungan linear antara variabel x dan y. Apabila nilai koefisien korelasi data mendekati 1 maka dapat dikatakan penyebaran data TTF atau TTR dari komponen pada distribusi sangat baik.

Berikut hasil perhitungan distribusi TTF dan TTR masing-masing komponen dengan menggunakan *software weibull-dr 21*.

a. Perhitungan Distribusi TTF dan TTR Komponen Pneumatic Silinder

Tabel 4.13 Distribusi TTF Komponen Pneumatic Silinder

| Komponen           | Distribusi Kerusakan | MTTF    | Correlation |
|--------------------|----------------------|---------|-------------|
| Pneumatic Cylinder | Weibull              | 168,153 | 0,9817      |
|                    | Normal               | 168,09  | 0,9627      |
|                    | Lognormal            | 5,0348  | 0,9615      |
|                    | Eksponensial         | 129,75  | 0,9268      |

(Sumber : Data diolah)

Tabel 4.14 Distribusi TTR Komponen Pneumatic Silinder

| Komponen           | Distribusi Kerusakan | MTTR   | Correlation |
|--------------------|----------------------|--------|-------------|
| Pneumatic Cylinder | Weibull              | 9,6447 | 0,9616      |
|                    | Normal               | 9,65   | 0,9681      |
|                    | Lognormal            | 2,1617 | 0,9363      |
|                    | Ekspensial           | 7,27   | 0,907       |

(Sumber : Data diolah)

Dari hasil perhitungan tabel 4.13 dan 4.14 *index of fit* atau koefisien korelasi dengan menggunakan *software* weibull-dr21 komponen Penumatic Silinder, untuk distribusi TTF yang terpilih adalah disribusi weibull yaitu berdasarkan koefisien korelasi terbesar 0,9817 , sedangkan untuk distribusi TTR yang terpilih adalah distribusi normal yaitu berdasarkan koefisien korelasi terbesar 0,9861. (R. Manzini, *et al.* 2010.)

b. Perhitungan Distribusi TTF dan TTR Komponen Pompa

Tabel 4.15 Distribusi TTF Komponen Pompa

| Komponen | Distribusi Kerusakan | MTTF     | Correlation |
|----------|----------------------|----------|-------------|
| Pompa    | Weibull              | 225,2885 | 0,975       |
|          | Normal               | 223,56   | 0,96        |
|          | Lognormal            | 5,3128   | 0,9283      |
|          | Ekspensial           | 168,7    | 0,8947      |

(Sumber : Data diolah)

Tabel 4.16 Distribusi TTR Komponen Pompa

| Komponen | Distribusi Kerusakan | MTTR    | Correlation |
|----------|----------------------|---------|-------------|
| Pompa    | Weibull              | 7,43816 | 0,9661      |
|          | Normal               | 7,47    | 0,9745      |
|          | Lognormal            | 1,9661  | 0,9708      |
|          | Ekspensial           | 5,43    | 0,8886      |

(Sumber : Data diolah)

Dari hasil perhitungan tabel 4.15 dan 4.16 *index of fit* atau koefisien korelasi dengan menggunakan *software* weibull-dr21 komponen Pompa, untuk distribusi

TTF yang terpilih adalah distribusi weibull yaitu berdasarkan koefisien korelasi terbesar 0,975 , sedangkan untuk distribusi TTR yang terpilih adalah distribusi normal yaitu berdasarkan koefisien korelasi terbesar 0,9745. (R. Manzini, *et al.* 2010.)

c. Perhitungan Distribusi TTF dan TTR Komponen Nozzle

Tabel 4.17 Distribusi TTF Komponen Nozzle

| Komponen | Distribusi Kerusakan | MTTF     | Correlation |
|----------|----------------------|----------|-------------|
| Nozzle   | Weibull              | 312,9757 | 0,9701      |
|          | Normal               | 313,73   | 0,9277      |
|          | Lognormal            | 5,3837   | 0,9775      |
|          | Ekspensial           | 325,23   | 0,9937      |

(Sumber : Data diolah)

Tabel 4.18 Distribusi TTR Komponen Nozzle

| Komponen | Distribusi Kerusakan | MTTR    | Correlation |
|----------|----------------------|---------|-------------|
| Nozzle   | Weibull              | 6,59577 | 0,9743      |
|          | Normal               | 6,54    | 0,9827      |
|          | Lognormal            | 1,7955  | 0,9288      |
|          | Ekspensial           | 5,02    | 0,9026      |

(Sumber : Data diolah)

Dari hasil perhitungan tabel 4.16 dan 4.17 *index of fit* atau koefisien korelasi dengan menggunakan *software* weibull-dr21 komponen Nozzle, untuk distribusi TTF yang terpilih adalah distribusi ekspensial yaitu berdasarkan koefisien korelasi terbesar 0,9937 , sedangkan untuk distribusi TTR yang terpilih adalah distribusi normal yaitu berdasarkan koefisien korelasi terbesar 0,9827. (R. Manzini, *et al.* 2010.)

7. Perhitungan Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) pada Mesin *Filling Galon*

Tabel 4.19 Hasil perhitungan MTTF Mesin *Filling Galon*

| No | Jenis Komponen     | Jumlah Hari | Jenis Permasalahan                      |
|----|--------------------|-------------|---|
| 1  | Pneumatic Silinder | 7           | Pendorong galon patah dan <i>jammed</i> |
| 2  | Nozzle Galon       | 14          | Spring patah                            |
| 3  | Pompa              | 9           | Pompa rinsing terbakar                  |

(Sumber : Data diolah)

Dari tabel 4.19 diketahui bahwa perawatan berat yang dilakukan untuk komponen Pneumatic Silinder yaitu setiap 7 hari setelah mesin rusak/*breakdown*, sedangkan untuk komponen Nozzle Galon dilakukan setiap 14 hari, dan untuk pompa dilakukan setiap 9 hari setelah mesin rusak/*breakdown*. Perawatan ini dilakukan untuk mengurangi resiko terjadinya *breakdown* pada saat mesin beroperasi.

Kegiatan yang dilakukan dalam perawatan untuk Pneumatic Silinder dan Nozzle yaitu membongkar mesin untuk mengecek kondisi komponen yang berhubungan dengan Pneumatic Silinder dan jika diperlukan mengganti komponen serta mengganti pendorong galon pada komponen Pneumatic Silinder dan mengganti spring pada nozzle, sedangkan untuk Pompa perawatan yang dilakukan yaitu melakukan pemeriksaan secara menyeluruh pada komponen dalam

pompa dan mengganti *seal* pompa secara berkala untuk menghindari korslet dan terbakar.

8. Perhitungan Nilai *Mean Time To Repaire* (MTTR) Pada Mesin *Filling Galon*

Tabel 4.20 Hasil perhitungan MTTR Mesin *Filling Galon*

| No | Jenis Komponen     | Jumlah Jam | Jenis Permasalahan                      |
|----|--------------------|------------|---|
| 1  | Pneumatic Silinder | 9,65       | Pendorong galon patah dan <i>jammed</i> |
| 2  | Nozzle Galon       | 6,54       | Spring patah                            |
| 3  | Pompa              | 7,47       | Pompa rinsing terbakar                  |

(Sumber : Data diolah)

Dari tabel 4.20 diketahui bahwa perawatan ringan yang dilakukan untuk komponen Pneumatic Silinder yaitu setiap 9,65 jam setiap hari sebelum mesin digunakan, sedangkan untuk komponen Nozzle Galon dilakukan setiap 6,54 jam setiap hari sebelum mesin digunakan, dan untuk pompa dilakukan setiap 7,47 jam setiap hari sebelum mesin digunakan. Perawatan ini dilakukan setiap hari guna mencegah terjadinya *breakdown* pada saat mesin beroperasi.

Perawatan ringan yang digunakan untuk komponen Pneumatic Silinder yaitu menambahkan pelumas dan dilakukan pengecekan serta pergantian gulungan dinamo, sedangkan perawatan ringan yang dilakukan pada Nozzle galon yaitu melakukan pembersihan nozzle, serta untuk pompa perawatan ringan yang dilakukan yaitu melakukan pengecekan di sekitar komponen pompa akan adanya kebocoran pompa dan tetesan air.

9. Usulan Waktu Perawatan Mesin *Filling* Galon 20 L

Usulan Waktu Perawatan Mesin *Filling* Galon 20 L Selama September 2019 - September 2020

| 9 September 2019 2019 |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                     | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 01                    | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 |
| 08                    | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15                    | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22                    | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29                    | 30 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |

| 10 Oktober 2019 2019 |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                    | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 29                   | 30 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| 06                   | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |
| 13                   | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20                   | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 27                   | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 | 02 |

| 11 Nopember 2019 2019 |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                     | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 27                    | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 | 02 |
| 03                    | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 |
| 10                    | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17                    | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24                    | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |

| 12 Desember 2019 2019 |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                     | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 01                    | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 |
| 08                    | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15                    | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22                    | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29                    | 30 | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 |

| 1 Januari 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                   | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 29                  | 30 | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 05                  | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 |
| 12                  | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19                  | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26                  | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 |

| 2 Februari 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                    | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 26                   | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 |
| 02                   | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 |
| 09                   | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16                   | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23                   | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |

| 3 Maret 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                 | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 01                | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 |
| 08                | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15                | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22                | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29                | 30 | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 |

| 4 April 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                 | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 29                | 30 | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 05                | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 |
| 12                | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19                | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26                | 27 | 28 | 29 | 30 | 01 | 02 |

| 5 Mei 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| M               | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 26              | 27 | 28 | 29 | 30 | 01 | 02 |
| 03              | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 |
| 10              | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17              | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24              | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31              | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |

| 6 Juni 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 31               | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
| 07               | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14               | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21               | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28               | 29 | 30 | 01 | 02 | 03 | 04 |

| 7 Juli 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 28               | 29 | 30 | 01 | 02 | 03 | 04 |
| 05               | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 |
| 12               | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19               | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26               | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 |

| 8 Agustus 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                   | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 26                  | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 01 |
| 02                  | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 |
| 09                  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16                  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23                  | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30                  | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |

| 9 September 2020 2020 |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|
| M                     | S  | S  | R  | K  | J  | S  |
| 30                    | 31 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| 06                    | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |
| 13                    | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20                    | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 27                    | 28 | 29 | 30 | 01 | 02 | 03 |

- Silinder
- Pompa
- Pompa & Nozzle
- Silinder & Pompa
- Nozzle

Dari kalender usulan penjadwalan di atas maka dapat terlihat dengan jelas kapan dilakukan perawatan berat mesin untuk komponen Silinder, Pompa, dan Nozzle perlu dilakukan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mesin *filling* galon dari bulan Februari sampai dengan Agustus 2019 sebesar 75,88%. Nilai OEE tersebut di bawah nilai standart OEE yang ditetapkan oleh JPIM yaitu 85% yang berarti nilai OEE mesin *filling* galon berada pada kategori produksi dianggap wajar, tapi menunjukkan ada ruang yang besar untuk melakukan *improvement* dalam upaya peningkatan efektifitas mesin.
2. Dari perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) dapat diketahui rentang waktu dilakukan perawatan dan waktu seharusnya digunakan untuk melakukan sekali perbaikan sehingga dapat mengurangi resiko terjadinya kerusakan saat mesin sedang beroperasi.

#### 5.2 Saran

Dalam penelitian ini penulis menyarankan bahwa perusahaan khususnya pada departemen *maintenance* untuk lebih memperhatikan penjadwalan perawatan setiap mesin, utamanya untuk mesin-mesin kritis agar dapat mencegah terjadinya kerusakan, serta memberikan pemahaman kepada karyawan mengenai resiko kerusakan yang dapat berpengaruh terhadap kerusakan mesin industri, salah satu contohnya seperti menetapkan dan menjalankan jadwal perawatan mesin.

Dalam penelitian ini penulis juga menyarankan bagi peneliti selanjutnya agar dapat mempersiapkan segala sesuatunya dan mengkaji lebih banyak sumber maupun referensi yang terkait untuk mencegah terjadinya kerusakan agar hasil penelitian dapat lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja dan Kahamba, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No.4, 2007.
- Anggono, W., Julianingsih, Linawati. Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance (Studi Kasus di Perusahaan Tepung Ikan). *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 7. 2005.
- Asri Tasqia Nafsi, Andi. Peningkatan Efektivitas Mesin Roaster Dengan Metode OEE Pada PT Mars Indonesia Makassar. Politeknik ATI Makassar. 2019.
- Ebeling, Charles, E. *An Introduction to Reliability and Maintainability*, Mcgraw – Hill Companies, Inc, Singapore 1997.
- Heizer, J and Render, B, *Operation management*, sixth edition. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- Hutagaol, Henry Joy, “Penerapan Total Productive Maintenance Untuk Peningkatan Efisiensi Produksi dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness di PT. Perkebunan Nusantara III Gunung Para”. Fakultas Teknik USU. Medan, 2009.
- Indah Kalsum, Nur. Penentuan Interval Waktu Komponen Kritis Pada Mesin Roaster Dengan Metode Age Replacement Pada PT Mars. Politeknik ATI Makassar. 2019.
- Kurniawan, Fajar, *Manajemen Perawatan Industri Teknik Dan Aplikasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2013.
- Muhsin, Ahmad dan Syarafi, Ichsan, Analisis Kehandalan Dan Laju Kerusakan Pada Mesin *Continues Frying* (Studi Kasus PT. XYZ), UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta, 2018.
- Oktaria, Susanti, Perhitungan Dan Analisa Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Pada Proses Awal Pengolahan Kelapa Sawit (Studi Kasus PT. X) [Skripsi], Universitas Indonesia, Depok, 2011.
- R. Keith Mobley, *Maintenance Engineering Handbook*, Mc Graw Hill, 7th Edition, New York, 2008.
- R. Manzini, et al., *Maintenance For Industrial Systems*, Springer, London, 2010.
- Revitasari, C., Novareza, O dan D. Zefra, Penentuan Jadwal Preventive *Maintenance* Mesin-Mesin di Stasiun Gilingan (Studi Kasus PG. Lestari Kertosono), Universitas Brawijaya, Malang, 2014.

Saragih, Fransiska, Analisa Tingkat Keandalan Dan Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Mesin Perebusan (*Sterilizer*) di PT. Perkebunan Nusantara III Pabrik Kelapa Sawit Aek Nabara Selatan [Skripsi], Universitas Sumatera Utara, Medan, 2011.

Seiichi Nakajima, "Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)", Cambridge : Productivity Press Inc., 1988.

Supandi, Manajemen Perawatan Industri, Ganeca Exact Bandung, Bandung, 1991.

V. Gaspersz, Manajemen Produktivitas Total, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1998.

Widodo, Etna dan Mukhtar. 2000. Metodologi Penelitian. Jakarta : Raja Grafindo Persada

## LAMPIRAN

### DATA RESPONDEN

1. JenisKelamin : Pria
2. Usia : 38 tahun
3. Jabatan : Kepala Teknisi

Berikutpenilaianmasing-masingfaktorkegagalanberdasarkan kriteria :

#### **Tingkat Severity**

| Nilai | Kriteria  |
|-------|---|
| 1     | Tidak berpengaruh (pengaruh buruk yang dapat diabaikan) tidak perlu memikirkan akibat akan berdampak pada kualitas produk |
| 2     | Pengaruh buruk yang ringan akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan  |
| 3     |   |
| 4     | Pengaruh buruk yang moderat, penurunan kualitas sangat disarankan namun masih dalam batas toleransi                       |
| 5     |   |
| 6     |   |
| 7     | Pengaruh buruk yang tinggi, merasakan penurunan kualitas yang berbeda diluar batas wajar                                  |
| 8     |   |
| 9     | Pengaruh buruk yang sangat tinggi, akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain                      |
| 10    |   |

#### **Tingkat Occurrence**

| Nilai | Kriteria  |
|-------|---|
| 1     | Tidak mungkin penyebab ini mengakibatkan kegagalan                    |
| 2     | Penyebab kegagalan yang jarang terjadi                                |
| 3     |   |
| 4     |   |
| 5     | Penyebab kegagalan agak mungkin terjadi                               |
| 6     |   |
| 7     | Penyebab kegagalan adalah sangat mungkin terjadi                      |
| 8     |   |
| 9     | Hampir dapat dipastikan bahwa penyebab kegagalan akan mungkin terjadi |
| 10    |   |

### Tingkat *Detection*

| Nilai | Kriteria   |
|-------|--|
| 1     | Metode deteksi sangat efektif, tidak ada kesempatan bahwa penyebab akan muncul lagi                              |
| 2     | Kemungkinan penyebab terjad sangat rendah  |
| 3     |  |
| 4     | Kemungkinan penyebab bersifat moderat, metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab terjadi.                   |
| 5     |  |
| 6     |  |
| 7     | Kemungkinan penyebab masih tinggi. Metode deteksi kurang efektif, penyebab dapat terulang kembali                |
| 8     |  |
| 9     | Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi. Metode deteksi tidak efektif, penyebab akan selalu terjadi |
| 10    |  |

Berilah penilaian berdasarkan kriteria yang telah ditentukan!

| No. | Failure Mode                        | Occurance |
|-----|-------------------------------------|-----------|
| 1   | Pendorong galon patah               | 6         |
| 2   | Mesin mengalami <i>jammed</i>       | 5         |
| 3   | Heater kurang panas                 | 3         |
| 4   | Spring patah                        | 6         |
| 5   | Air tidak mengalir/aliran air kecil | 2         |
| 6   | Mesin mengalami <i>Jammed</i>       | 3         |
| 7   | Mesin mengeluarkan bunyi gangguan   | 2         |
| 8   | Pompa rinsing terbakar              | 8         |
| 9   | Pompa mengalami <i>jammed</i>       | 2         |
| 10  | Macet                               | 3         |
| 11  | Sensivitas berkurang                | 3         |

| <b>No</b> | <b>Failure Effect</b>   | <b>Severity</b> |
|-----------|---|-----------------|
| 1         | Galon tidak dapat masuk ke proses selanjutnya                                       | 6               |
| 2         | Mesin filling galon berhenti berproduksi  | 6               |
| 3         | Adanya kontaminasi pada galon   | 6               |
| 4         | Galon tidak terisi dengan penuh   | 5               |
| 5         | Galon tidak terisi dengan penuh   | 3               |
| 6         | Banyaknya galon yang tidak memenuhi standar   | 3               |
| 7         | Mesin berbunyi  | 2               |
| 8         | Bagian dalam pompa rinsing terbakar   | 5               |
| 9         | Pompa tidak berjalan  | 3               |
| 10        | Proses pengisian menjadi tidak lancar dikarenakan mesin yang berjalan terlalu cepat | 6               |
| 11        | Mesin filling galon menjadi berhenti sesaat   | 5               |

| <b>No.</b> | <b>Failure Causes</b>   | <b>Detection</b> |
|------------|---|------------------|
| 1          | Pemberian beban yang berlebihan dan tidak memberikan waktu untuk beristirahat | 8                |
| 2          | Terjadinya arus hubungan pendek   | 6                |
| 3          | Masuknya rembesan air pada heater   | 5                |
| 4          | Pemberian beban yang berlebihan dengan frekuensi yang tinggi                  | 5                |
| 5          | Tersumbat oleh air yang mengering   | 2                |
| 6          | Terjadinya arus hubungan pendek   | 5                |
| 7          | Keterlambatan pergantian pelumas  | 2                |
| 8          | Masuknya rembesan air sehingga memicu terjadinya arus hubungan pendek         | 8                |
| 9          | Daya yang turun   | 4                |
| 10         | Gerigi yang aus   | 2                |
| 11         | Sensor terkena air  | 2                |