

USULAN IMPLEMENTASI *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM) UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MESIN *SPLITTING* PADA PT. GARUT MAKMUR PERKASA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)

Rd Aurelia Surya Ramadhanty¹, Dra. Endang Budiasih, M.T², Judi Alhilman³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, ^{1,2,3} Fakultas Rekayasa Industri, ^{1,2,3} Universitas Telkom

¹aureliasuryar@gmail.com ²endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

³judi.alhilman@gmail.com

Abstrak

PT. Garut Makmur Perkasa merupakan salah satu perusahaan Industri yang bergerak dalam bidang penyamakan kulit di Garut, Jawa Barat. Mesin Splitting merupakan salah satu mesin yang ada di PT. Garut Makmur Perkasa yang berfungsi untuk memisahkan kulit antara bagian nerf (bagian yang dilanjutkan proses selanjutnya) dan flesh (bagian yang tidak diperlukan). Mesin Splitting harus selalu siap pakai karena mempengaruhi target produksi dan pendapatan perusahaan. Tingginya frekuensi kerusakan pada mesin Splitting di tahun 2017-2019 terjadi sebanyak 125 kali yang menyebabkan rendahnya nilai efektivitas mesin tersebut, maka perlu dilakukannya kegiatan yang dapat meningkatkan nilai efektivitas mesin Splitting. Penelitian ini mengusulkan perusahaan untuk menerapkan kegiatan Total Productive Maintenance (TPM) yang bertujuan untuk meningkatkan nilai efektivitas mesin Splitting. Sebelum membuat usulan penerapan TPM, dilakukan perhitungan dan analisis menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) yang berfungsi untuk menganalisis kondisi eksisting dari efektivitas mesin Splitting. Berdasarkan nilai efektivitas mesin Splitting di tahun 2017-2018 dengan menggunakan metode OEE pada tahun 2017 sebesar 69%, pada tahun 2018 sebesar 73.68%, dan pada tahun 2019 sebesar 75.85%. Nilai OEE tersebut belum mencapai nilai Standard World Class yang ditetapkan yaitu sebesar 85%. Kemudian dilakukan analisis dari Six Big Losses, didapatkan bahwa faktor yang paling mempengaruhi pada mesin Splitting adalah Idling and Minor Stoppage Loss sebesar 37% dan Reduced Speed Loss sebesar 32%. Dua faktor tersebut dianalisis menggunakan Diagram Sebab Akibat. Selanjutnya dilakukan analisis 8 pilar TPM pada kondisi perusahaan. Dari hasil analisis tersebut diberikan usulan berupa jobdesk divisi maintenance, usulan Six Big Losses Sheet, usulan Autonomous Standard Sheet, usulan 5S Audit Checksheet, usulan Lembar Pencatatan Kerusakan, dan usulan Lembar Controlling Preventive Maintenance.

Kata Kunci : *Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Total Productive Maintenance, Diagram Sebab-Akibat (Fishbone Diagram).*

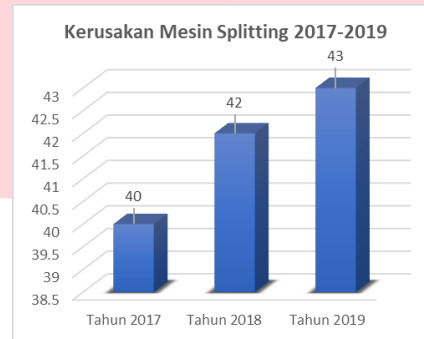
Abstract

PT. Garut Makmur Perkasa is one of industrial factories that works on leather tanning in Garut, Jawa Barat. Splitting machine is one of many machines in PT. Garut Makmur Perkasa which function is to split the skin between nerf (the part that starts the next process) and flesh (the part that is not needed). The splitting machine always needs to be ready to use because it affects production targets and company's revenues. High damage frequency on splitting machine in 2017-2019, around 125 times damage that caused the machine's low effectiveness, it's a must to do the activity that could increase splitting machine effectiveness. This research proposes the company to carry out Total Productive Maintenance (TPM) whose goals is to increase splitting machine effectiveness. Before implementing TPM, calculations an analyzation are done using Overall Equipment Effectiveness (OEE) which function is to analyze existing conditions of splitting machine effectivity. Based on the effectiveness of Splitting machine in 2017-2019 using the OEE method, it amounts to 69% in 2017, 73.68% for 2018, and 75.85% for 2019. The OEE value has not yet reached the World Class Standard value which has been set at 85%. Then do Six Big Losses analysis is carried out which causes a low OEE value. Factors that most influence the OEE value of Splitting Machine are Idling and Minor Stoppage Loss which 37% and Reduced Speed Loss which 32%. The factors then do analysis used Causal Diagram. Then 8 pillars TPM analysis was performed on company's condition. The result of analysis were given a proposal that are job desk of division maintenance, six big losses sheet, autonomous standard sheet, 5S audit checksheet, damage recording sheet, and controlling preventive maintenance.

Keyword : *Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Total Productive Maintenance, Causal Diagram (Fishbone Diagram).*

1. Pendahuluan

PT. GARUT MAKMUR PERKASA merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri penyamakan kulit. Perusahaan ini memiliki beberapa mesin untuk melakukan penyamakan kulit, salah satunya adalah mesin *splitting*. Mesin ini mampu melakukan proses pemisahan kulit sebanyak 277 lembar/jam. Mesin ini sangat penting untuk menunjang proses penyamakan kulit dan profit perusahaan. Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan dan diolah oleh peneliti, observasi lapangan dan wawancara yang dilakukan didapatkan bahwa mesin *splitting* mengalami frekuensi kerusakan paling banyak. Mesin *splitting* mengalami kerusakan dari tahun 2017 hingga 2019 mencapai angka 125. Dengan rincian pertahunnya dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut :



Gambar 1.1 Kerusakan Mesin Splitting 2017-2019

Berdasarkan Gambar 1.1 kerusakan mesin *splitting* meningkat setiap tahunnya. Penyamakan kulit ini diproduksi secara terus menerus selama proses produksi, sehingga tidak terlepas dari masalah turunnya performansi mesin yang akan berkaitan dengan efektivitas mesin. Selain permasalahan yang bersangkutan dengan mesin, permasalahan lainnya yang dihadapi oleh proses produksi ini adalah jumlah produksi tidak memenuhi target produksi setiap tahunnya dan operator tidak memiliki kemampuan untuk melakukan perawatan terhadap mesin yang mereka gunakan. Kemudian perusahaan belum menerapkan sistem manajemen perawatan sehingga hanya akan melakukan perbaikan ketika ada mesin yang rusak. Oleh karena itu, harus dilakukan penelitian dengan menerapkan langkah-langkah tertentu untuk mengatasi masalah tersebut agar meningkatkan profit dengan memenuhi target produksi dan meningkatkan efektivitas dari mesin *splitting* maka dilakukan analisis kondisi eksisting efektivitas mesin tersebut menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dan *Six Big Losses* untuk mengetahui faktor yang paling mempengaruhi efektivitas mesin *splitting*. Setelah diketahui 2 hal tersebut maka akan diberikan usulan dari penyebab rendahnya nilai OEE dan usulan penerapan *Total Productive Maintenance (TPM)*

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Suatu mesin baik atau tidaknya tergantung pada cara menggunakan mesin tersebut dan perawatan yang dilakukan. Berikut merupakan pengertian manajemen perawatan menurut para ahli di dalam bukunya yaitu:

1. Menurut (Heizer and Rander, 2001) dalam bukunya "Operation Management" Perawatan adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar fungsional dan kualitas.
2. Menurut (Corder, 1996) dalam bukunya "Teknik Manajemen Pemeliharaan" menyatakan Pemeliharaan atau perawatan adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang atau memperbaikinya hingga suatu kondisi dapat diterima.

Berdasarkan pengertian dari beberapa para ahli dapat disimpulkan bahwa kegiatan perawatan merupakan aktivitas menjaga dan melakukan perbaikan fasilitas perusahaan untuk menunjang kegiatan produksi yang efektif dan efisien demi tercapainya tujuan perusahaan.

2.1.2 Total Productive Maintenance (TPM)

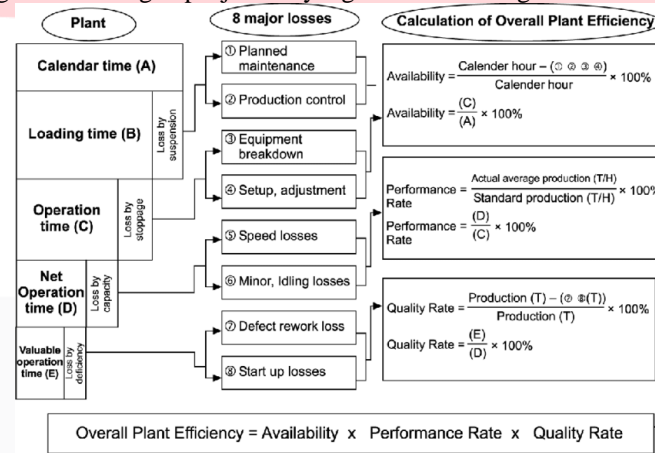
Menurut (Kurniawan, 2013) dalam bukunya "Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri", Total Productive Maintenance (TPM) adalah metode yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan peralatan dan menggunakan sistem perawatan preventif yang dirancang untuk keseluruhan peralatan dengan mengimplementasikan suatu aturan dan memberikan motivasi kepada seluruh bagian yang berada dalam suatu perusahaan tersebut. TPM ini melibatkan seluruh entitas yang ada di perusahaan mulai dari *top management* hingga operator untuk mencapai tujuan perusahaan.

2.1.3 Manfaat Total Productive Maintenance (TPM)

Terdapat beberapa manfaat yang dapat dirasakan dengan mengimplementasikan TPM baik secara langsung maupun tidak langsung menurut (Venkatesh, 2007) manfaat secara langsung seperti meningkatkan produktivitas dan nilai efektivitas, mengurangi biaya manufaktur, memenuhi kebutuhan pelanggan dan mengurangi adanya kecelakaan kerja. Sedangkan manfaat secara tidak langsung seperti tingkat kepercayaan yang lebih tinggi diantara pekerja, tempat kerja rapih dan bersih, perubahan sikap yang baik pada operator, saling berbagi pengetahuan dan pengalaman, pekerja atau operator menguasai mesin produksi.

2.1.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Menurut (Stamatis, 2017), *Overall Equipment Effectiveness* atau OEE merupakan hierarki metrik yang focus pada seberapa efektif operasi manufaktur yang digunakan.. Tujuan dari OEE antara lain yaitu meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya, meningkatkan kesadaran akan kebutuhan produktivitas mesin, meningkatkan umur peralatan, meningkatkan laba. Secara grafis prosedur perhitungan Overall Equipment Effectiveness digambarkan pada gambar dibawah ini dimana perhitungan OEE dan semua fungsinya serta kerugian yang terjadi, dilakukan dalam beberapa tahap yang disertai dengan penjelasan yang diuraikan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Perhitungan OEE

Nilai OEE merupakan perkalian dari *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality* (Saputra, Alhilman and Athari, 2017).

- Availability** untuk mengetahui berapa persen ketersediaan efektivitas pada mesin atau peralatan.
- Performance efficiency** untuk mengetahui nilai performansi dari efektifitas suatu mesin atau peralatan.
- Rate of Quality Product** untuk mengukur kemampuan peralatan atau mesin dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar.

2.1.5 Six Big Losses

Menurut (Wibowo, Atmaji and Budiasih, 2019), *Six Big Losses* adalah penyebab paling umum dari hilangnya produktivitas berbasis peralatan dibidang manufaktur. Proses produksi tentunya mempunyai *losses* atau kerugian yang mempengaruhi keberhasilannya. Kerugian tersebut dikelompokkan menjadi 6 yaitu:

- Equipment Failure losses** atau *Breakdown Losses*, kerugian ini terjadi karena peralatan mengalami kerusakan, tidak dapat digunakan dan memerlukan perbaikan atau pergantian. Kerugian ini diukur dengan seberapa lama waktu selama mengalami kerusakan hingga selesai diperbaiki.
- Set up and adjustment time losses**, kerugian ini diakibatkan perubahan kondisi operasi seperti dimulainya produksi atau dimulainya shift yang berbeda mengakibatkan adanya perubahan produk dan perubahan kondisi operasi.
- Idling and minor stoppages losses**, kerugian ini disebabkan oleh berhentinya peralatan karena ada permasalahan sementara seperti mesin macet serta mesin menganggur.
- Reduce speed losses**, kerugian ini disebabkan oleh mengurangnya kecepatan produksi dari kecepatan desain peralatan atau mesin tersebut. Pengukuran kerugian ini dengan membandingkan kapasitas ideal dengan beban kerja aktual.
- Rework and quality defect losses** atau *Defect losses*, kerugian ini terjadi karena terjadi kecacatan produk selama produksi. Produk yang tidak sesuai spesifikasi perlu dirework atau dibuat scrap. Kemudian diperlukan tenaga kerja untuk melakukan proses rework dan material yang diubah menjadi scrap juga merupakan kerugian perusahaan.

6. *Reduced Yeild losses*, terjadi dikarenakan bahan baku terbuang. Kerugian ini dibagi menjadi dua yaitu kerugian bahan baku akibat desain produk dan metode manufacturing serta kerugian penyesuaian karena cacat kualitas produk yang diproduksi pada awal proses produksi dan saat terjadi pergantian.

2.1.6 Fishbone Diagram

Menurut Dale H. Besterfield dalam bukunya "*Quality Improvement*" (Besterfield, 2013), diagram sebab-akibat adalah sebuah gambar yang terdiri dari garis dan simbol yang dirancang untuk menunjukkan hubungan antara dampak dan penyebabnya. Diagram sebab-akibat digunakan untuk memeriksa adanya efek yang buruk dan tindakan yang harus diambil untuk memperbaiki penyebab atau efek yang baik dan untuk mempelajari penyebabnya. Untuk semua dampak, mungkin terdapat beberapa penyebab. Akibat adalah suatu karakteristik dari kualitas yang harus diperbaiki. Penyebab biasanya dipecah menjadi penyebab utama dari *methods, material, , people, machine, dan environment*.

2.1.6 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai metode OEE dan TPM. Berikut merupakan beberapa penelitian dan penjelasan dari penelitian terdahulu :

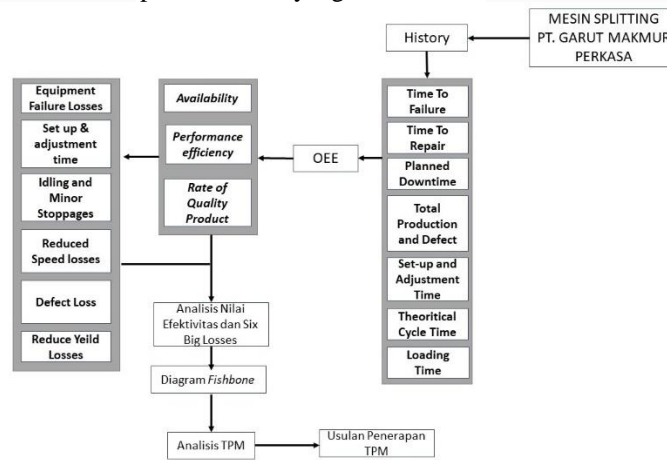
1. Penelitian Abdul Talib Bon (Bon and Lim, 2015) meneliti mesin dalam bidang automotive. Konsumen menuntut perusahaan untuk memproduksi kualitas prima, pengendalian yang andal dan memiliki harga yang kompetitif. Sehingga diperlukan perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada perusahaan dan jika OEE tersebut rendah, maka harus diterapkannya Total Productive Maintenance (TPM). Didalam penelitian ini dilakukannya perbandingan antara sebelum dan sesudah implementasi TPM kemudian dilihat perbedaan yang dibawakan oleh TPM ke perusahaan. Elemen yang membentuk persamaan OEE telah dianalisis dan diidentifikasi mana yang mempengaruhi hasil OEE. Hasil penelitian ini adalah penerapan TPM ini sangat mempengaruhi hasil produk yang berkualitas dan berhasil memuaskan pelanggan sehingga menghasilkan laba lebih besar.
2. Penelitian Taufik Djatna & Imam Muharram Alitu (Djatna and Alitu, 2015) membahas penerapan Total Productive Maintenance dengan mengandalkan aplikasi Association Rule Mining (ARM) yang digunakan untuk mengambil keputusan dalam meningkatkan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE). Dari hasil tersebut dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan aplikasi ARM untuk mengetahui kebijakan perawatan yang dibutuhkan. Hal yang diperoleh dari ARM mempercepat keputusan untuk menetapkan strategi manajemen TPM yang sesuai berdasarkan 83 aturan
3. Penelitian Bupe. G. Mwanza & Charles Mbohwa (Mwanza and Mbohwa, 2015) membahas mengenai pengembangan Total Productive Maintenance (TPM) yang efektif dengan menggunakan 8 Pilar TPM untuk meningkatkan kualitas sistem pemeliharaan di perusahaan manufaktur bidang kimia di Zambia. Berdasarkan hasil penelitian ini, berbagi pengetahuan dan informasi kepada operator dan melaksanakan pelatihan operator adalah hal yang harus dipertimbangkan. Para peneliti kemudian merancang model TPM yang akan menghasilkan implementasi TPM yang efektif.
4. Penelitian Ashwini G Joshi & Jaydeep S. Bagi (JOSHI and BAGI, 2015) berfokus pada implementasi Total Productive Maintenance (TPM) di beberapa bidang pengecoran sehingga meningkatkan produktivitas dan kualitas. Hal ini merepresentasikan berbagai macam studi peramalan defect product dan analisis serta penerapan TPM. Setelah menerapkan Teknik TPM, tingkat availability nilai awal 96% menjadi 98% karena adanya pemantauan yang tepat terhadap praktik pemeliharaan yang terjadwal, tingkat performance rate nilai awal 72% menjadi 82% karena adanya penerapan KAIZEN pada mesin cetak, tingkat rate of quality nilai awal 92% menjadi 97% dengan mengikuti solusi yang disarankan setelah melakukan analisis. Selanjutnya nilai OEE meningkat yang awalnya 65% menjadi 79%.
5. Penelitian Sachin Modgil and Sanjay Sharma (Modgil and Sharma, 2016) memperhatikan dampak dari Total Productive Maintenance (TPM) dan Total Quality Management (TQM) pada masalah-masalah utama yang berkaitan dengan kebutuhan, manfaat, kerangka kerja, keefektifan peralatan keseluruhan dan implementasi program TPM. Praktik TPM memiliki dampak signifikan terhadap kinerja operasional pabrik. Ketika praktik TPM dan TQM Bersatu untuk mencapai kinerja operasional, kemudian TPM sangat berpengaruh terhadap kinerja operasional. TPM sangat membantu mengurangi biaya kualitas dalam hal mengurangi produk cacat.
6. Penelitian Bulent Dal, Phil Tugwell, & Richard Greatbanks (Dal, Tugwell and Greatbanks, 2000) Menyajikan analisis pengukuran kinerja operasional di Airbag International Ltd (AIL) yaitu pemasok perangkat keselamatan airbag ke industri otomotif. Pertama yang dilakukan pada jurnal ini adalah mengukur OEE. Lalu melakukan penerapan dan penggunaannya dalam lingkungan operasional AIL kemudian dijelaskan dan dianalisis. Hasil dari penelitian jurnal ini yaitu disajikan dalam tiga bagian. Pertama, OEE sebagai indikator peningkatan proses. Kedua, peran dan kontribusi OEE dalam konteks literatur dan teori pengukuran kerja. Terakhir adalah pengamatan khusus tentang mengimplementasikan OEE dalam perusahaan AIL. Akhirnya, penyajian ini bermanfaat terhadap potensial pengembangan OEE sebagai ukuran operasional dan kinerja AIL dengan pengaplikasian OEE yang ditemukan pada literatur penelitian.

7. Penelitian Habidin et al (Hashim and Habidin, 2013) mengidentifikasi TPM dan KE untuk mengkontruksi ukuran kerja inovasi di industri otomotif Malaysia. Jurnal ini berfokus pada hubungan TPM, KE, dan IP dibidang otomotif di Malaysia berdasarkan factor- faktor strategis yang telah ditetapkan. Penelitian ini juga menyediakan pedoman dan referensi untuk penelitian di masa depan. Empat konstruksi TPM, KE, dan IP berdasarkan faktor-faktor strategis yang telah ditetapkan. Hasil dari penelitian ini tidak hanya berguna tetapi dapat diandalkan dan juga dapat bertindak sebagai pedoman bagi para manajer dan praktisi industry otomotif untuk meningkatkan IP melalui penerapan TPM dan KE. Oleh karena itu, penelitian ini dapat membantu para manajer dan karyawan dan juga memberikan perspektif baru untuk praktik TPM dan KE terutama untuk industry otomotif Malaysia.
8. Penelitian Orjan Ljungberg (Ljungberg, 2016) mengkaji tentang literatur perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan mengklasifikasikan ke faktor-faktor kerugian kemudian menghitung faktor-faktor kerugian. Literatur ini merekomendasikan penelitian selanjutnya untuk melakukan pengumpulan data yang lengkap agar dalam melakukan perhitungan OEE lebih lengkap
9. Penelitian Kigsirisin, Pussawiro, and Noohawm (Kigsirisin, Pussawiro and Noohawm, 2016) menerapkan Delapan Pilar strategi TPM untuk mengurangi kerusakan peralatan, mengurangi kehilangan air dan meningkatkan efektivitas peralatan. Dalam perhitungannya penulis menggunakan parameter dalam beberapa fase yang beroperasi selama 24 jam. Setelah penulis melakukan penerapan 8 pilar TPM, OEE meningkat sebesar 0.92% pada fase 1&2 dan 1.10% pada fase 3&4. Selain itu, nilai *Net Equipment Effectiveness* (NEE) juga meningkat sebesar 1.75% pada fase 1&2 dan 2.08% pada fase 3&4.
10. Penelitian Thomas R. Pomorski (Pomorski, 2004) sebagai seperangkat praktik dan metodologi yang berfokus pada peningkatan kinerja peralatan manufaktur, TPM menjadi upaya peralatan sentris yang komprehensif untuk mengoptimalkan produktivitas manufaktur. Pada jurnal ini mengkaji konsep-konsep dasar TPM dan meninjau literatur signifikan yang terkait dengan desain, implementasi, dan pemeliharaan program TPM dalam operasi manufaktur.

2.2 Metodologi Penelitian

2.2.1 Model Konseptual

Model konseptual adalah kerangka kerja atau aliran kerja yang menggambarkan hubungan antara faktor-faktor yang berkaitan. Penelitian pada mesin *splitting* ini akan menghasilkan ukuran nilai efektivitas dari mesin *splitting* dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Total Productive Maintenance* (TPM). Berikut merupakan model konseptual berdasarkan permasalahan yang akan diteliti.



Gambar 2.2 Model Konseptual

3 Pembahasan

2.1 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Berdasarkan pengumpulan data dan perhitungan data OEE pada mesin *splitting* dilakukan untuk mengetahui nilai efektivitas dalam penggunaan mesin *splitting*. Faktor yang mempengaruhi nilai OEE terdiri dari *Availability*, *performance rate*, dan *rate of quality* dengan nilai standar OEE yang telah ditetapkan oleh JIPM atau *Japanese Institute of Plant Maintenance*. Nilai standar OEE yang telah ditetapkan oleh JIPM sebesar 85% dengan kriteria masing-masing faktor yaitu *Availability* 90%, *Performance Rate* 95%, dan *Rate of Quality* 99%.

Berikut adalah rumus perhitungan OEE :

a. $Availability = (operating\ time / loading\ time) \times 100\%$

$$b. \text{ Performance rate} = \frac{\text{Total Produksi} * \text{Theoretical Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times 100\%$$

$$c. \text{ Rate of Quality} = \frac{\text{Total Produksi} - \text{defect}}{\text{Total Produksi}} \times 100\%$$

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai OEE mesin *splitting* tahun 2017 hingga 2019 :

Tabel 3.1 Perhitungan OEE 2017

| Hasil OEE tahun 2017 | | | | |
|----------------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|
| Faktor OEE | Availability | Performance Rate | Rate of Quality | OEE |
| Rata-Rata | 89.82% | 78.96% | 97.27% | 69.00% |
| Standar JIPM | 90% | 95% | 99% | 85% |
| Memenuhi atau tidak | TIDAK | TIDAK | TIDAK | TIDAK |

Tabel 3.2 Perhitungan OEE 2018

| Hasil OEE tahun 2018 | | | | |
|----------------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|
| Faktor OEE | Availability | Performance Rate | Rate of Quality | OEE |
| Rata-Rata | 89.59% | 84.76% | 97.05% | 73.68% |
| Standar JIPM | 90% | 95% | 99% | 85% |
| Memenuhi atau tidak | TIDAK | TIDAK | TIDAK | TIDAK |

Tabel 3.3 Perhitungan OEE 2019

| Hasil OEE tahun 2019 | | | | |
|----------------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|
| Faktor OEE | Availability | Performance Rate | Rate of Quality | OEE |
| Rata-Rata | 89.33% | 87.61% | 96.93% | 75.85% |
| Standar JIPM | 90% | 95% | 99% | 85% |
| Memenuhi atau tidak | TIDAK | TIDAK | TIDAK | TIDAK |

2.2 Perhitungan Six Big Losses

Mengetahui kerugian-kerugian yang terjadi pada mesin *splitting* adalah dengan melakukan perhitungan dan analisis *six big losses*. Berikut rumus untuk menghitung *Six Big Losses* :

$$a. \text{ Equipment Failure losses} = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$b. \text{ Set up and Adjustment losses} = \frac{\text{Lamanya waktu persiapan dan penyesuaian}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$c. \text{ Idling and minor stoppages losses} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$d. \text{ Reduce speed losses} = \frac{(\text{Cycle Time Aktual} - \text{Ideal Cycle Time}) \times \text{Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$e. \text{ Defect losses} = \frac{\text{Total reject} \times \text{Cycle Time Ideal}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$f. \text{ Reduced yeild losses} = \frac{\text{Scrap} \times \text{Cycle Time Ideal}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Berikut merupakan hasil perhitungan *six big losses* tahun 2017-2019 dengan diurutkan *losses* dari terbesar ke terkecil:

Tabel 3.4 Perhitungan *Six Big Losses* 2017

| REKAP SIX BIG LOSSES 2017 | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|
| No | Six Big Losses | Persentase | Persentase Kumulatif (%) |
| 1 | Reduce Speed Losses | 16.92% | 39.14% |
| 2 | Idling and Minor Stoppage Losses | 14.12% | 32.67% |
| 3 | Set-up and Adjustment Losses | 6.50% | 15.03% |
| 4 | Equipment Failure Loss | 3.73% | 8.62% |
| 5 | Defect Losses | 1.96% | 4.53% |
| 6 | Reduced Yield Losses | 0.00% | 0.00% |
| Jumlah | | 43.22% | 100% |

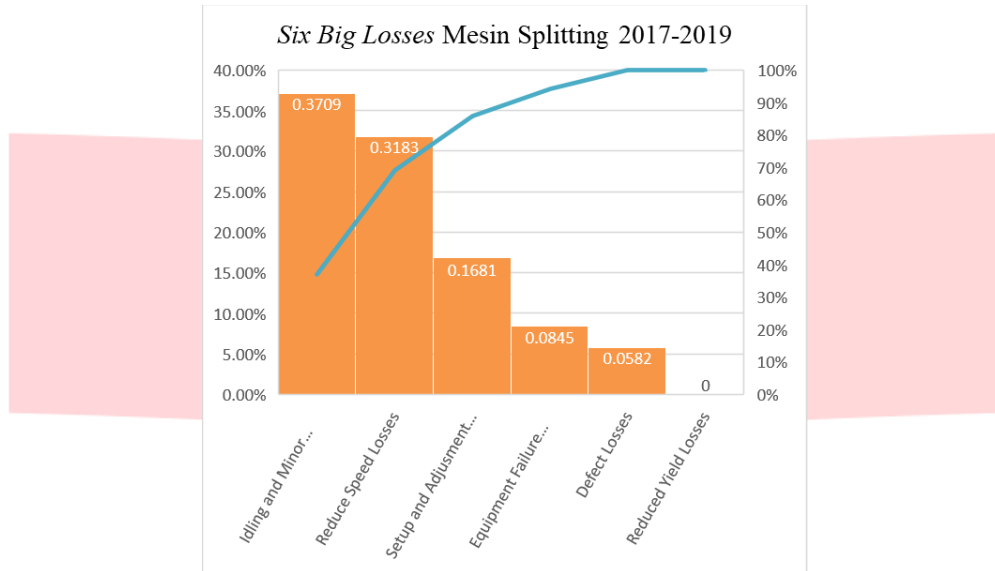
Tabel 3.5 Perhitungan *Six Big Losses* 2018

| REKAP SIX BIG LOSSES 2018 | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|
| No | Six Big Losses | Persentase | Persentase Kumulatif (%) |
| 1 | Idling and Minor Stoppage Losses | 14.34% | 37% |
| 2 | Reduce Speed Losses | 11.37% | 30% |
| 3 | Set-up and Adjustment Losses | 6.50% | 17% |
| 4 | Equipment Failure Loss | 3.91% | 10% |
| 5 | Defect Losses | 2.30% | 6% |
| 6 | Reduced Yield Losses | 0.00% | 0% |
| Jumlah | | 38.42% | 100% |

Tabel 3.6 Perhitungan *Six Big Losses* 2019

| REKAP SIX BIG LOSSES 2019 | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|
| No | Six Big Losses | Persentase | Persentase Kumulatif (%) |
| 1 | Idling and Minor Stoppage Losses | 14.52% | 40% |
| 2 | Reduce Speed Losses | 8.60% | 24% |
| 3 | Set-up and Adjustment Losses | 6.49% | 18% |
| 4 | Equipment Failure Loss | 4.12% | 11% |
| 5 | Defect Losses | 2.48% | 7% |
| 6 | Reduced Yield Losses | 0.00% | 0% |
| Jumlah | | 36.20% | 100% |

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan total Six Big Losses mesin Splitting pada tahun 2017 hingga 2019:

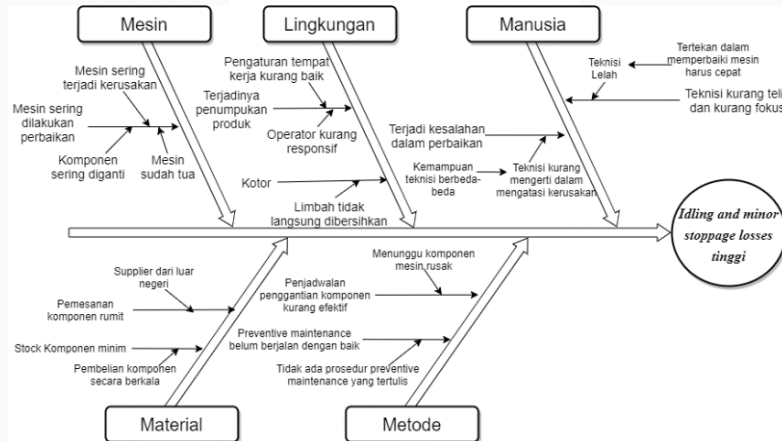


Gambar 3.1 Grafik Six Big Losses 2017-2019

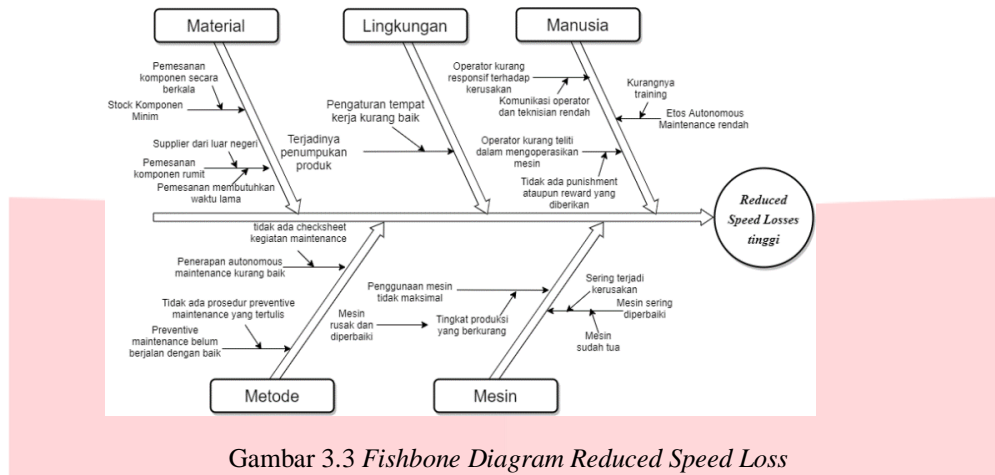
Dari hasil dapat diketahui bahwa nilai losses yang paling besar dan mempengaruhi OEE adalah *idling minor and stoppage loss* sebesar 37%, dan *reduced speed loss* sebesar 32%.

2.3 Analisis Fishbone Diagram

Analisis fishbone diperlukan untuk memberikan usulan penerapan *Total Productive Maintenance* dengan menganalisa faktor-faktor paling dominan pada *Six Big Losses*. Berdasarkan hasil perhitungan six big losses dapat diketahui bahwa losses yang paling dominan adalah *idling and minor stoppage loss* dan *reduced speed loss*. Berikut merupakan hasil diagram *fishbone* dari faktor *idling and minor stoppage loss* dan *reduced speed loss* :



Gambar 3.2 Fishbone Diagram Idling and Minor Stoppages Loss



Gambar 3.3 Fishbone Diagram Reduced Speed Loss

2.4 Usulan Total Productive Maintenance (TPM)

Pada analisis *total productive maintenance* (TPM) berdasarkan hasil yang didapatkan pada diagram fishbone dilakukan analisis terhadap 8 pilar. Dari hasil terhadap 8 pilar diberikan 2 bagian usulan yaitu usulan yang diberikan untuk Total Productive Maintenance yaitu usulan terhadap jobdesk divisi maintenance dari kepala divisi *maintenance* maupun *staff* divisi *maintenance* dan usulan dalam rancangan mengimplementasikan 8 pilar *Total Productive Maintenance* (TPM).

2.4.1 Usulan Jobdesk Divisi Maintenance

Struktur organisasi divisi maintenance di perusahaan sudah baik namun tidak rinci dalam tugas-tugasnya, maka peneliti mengusulkan jobdesk divisi maintenance yang rinci agar meningkatkan efisiensi kinerja divisi maintenance. Usulan jobdesk tersebut hanya mengusulkan kepada perusahaan dalam bentuk lembaran usulan jobdesk yang mana perusahaan akan mengolah lagi usulan jobdesk tersebut dengan pihak-pihak terkait. Berikut merupakan *jobdesk* usulan yang diberikan kepada perusahaan :

a. Kepala Divisi *Maintenance*

1. Bertanggung jawab dalam menyusun rencana atau masterplan pemeliharaan peralatan dan mesin produksi untuk tiap periode.
2. Bertanggung jawab untuk mengawasi semua operasi instalasi, perbaikan dan pemeliharaan fasilitas perusahaan.
3. Mengkoordinir atas pemberian tugas pengarahan kerja serta mengawasi pelaksanaan kegiatan team maintenance.
4. Bertanggung jawab atas penyusunan pedoman dan petunjuk mengenai pemeliharaan dan perbaikan mesin atau peralatan produksi.
5. Bertanggung jawab untuk memastikan fasilitas perusahaan dirawat dengan baik dan memadai untuk mendukung proses produksi dan operasi bisnis perusahaan.
6. Bertanggungjawab atas pembuatan laporan perawatan mingguan dan bulanan, dan evaluasi pemeliharaan mesin produksi.
7. Bertanggung jawab untuk melakukan controlling pembelian komponen mesin dalam kondisi yang baik dan berkoordinasi dengan divisi pengadaan dalam pembelian komponen mesin.
8. Bertanggung jawab untuk melakukan controlling saat proses perbaikan mesin.
9. Bertanggung jawab untuk melakukan controlling terhadap komponen mesin.
10. Bertanggung jawab untuk melakukan controlling terhadap perawatan preventive dan corrective.
11. Bertanggung jawab untuk melakukan controlling penjadwalan perawatan mesin.
12. Berkoordinasi dengan divisi produksi dalam penjadwalan perawatan mesin sehingga tidak adanya proses produksi.
13. Bertanggung jawab atas pelatihan kepada staff maintenance.
14. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh atasan dan secara aktif berperan dalam mendukung kegiatan yang dilakukan perusahaan sesuai dengan visi misi perusahaan.
15. Menjamin keselamatan kerja bagi operator atau team maintenance.
16. Bertanggung jawab atas menganalisis dalam menghilangkan kerugian yang sulit diperbaiki didalam mesin.

b. *Staff* Divisi *Maintenance*

1. Bertanggung jawab untuk memperbaiki mesin atau peralatan produksi yang rusak.
2. Bertanggung jawab untuk merawat mesin atau peralatan produksi sesuai dengan penjadwalan perawatan mesin atau peralatan.
3. Mencatat atau merekap segala bentuk kerusakan yang dialami oleh mesin atau peralatan.

4. Melaporkan segala bentuk kerusakan yang dialami oleh mesin atau peralatan kepada kepala divisi maintenance.
5. Bertanggung jawab untuk memastikan mesin atau peralatan produksi dalam kondisi yang baik.
6. Bertanggung jawab untuk melakukan kegiatan preventive maintenance.
7. Bertanggung jawab untuk melakukan kegiatan corrective maintenance.
8. Melakukan pekerjaan yang telah diberikan oleh kepala divisi maintenance.
9. Bertanggung jawab untuk memeriksa secara berkala mesin atau peralatan produksi dan seluruh fasilitas perusahaan seperti listrik dan bangunan.
10. Bertanggung jawab untuk melakukan pelatihan penggunaan mesin dan perawatan mesin skala kecil kepada operator.
11. Bertanggung jawab atas menganalisis dalam menghilangkan kerugian yang sulit diperbaiki didalam mesin.

2.4.2 Usulan Rancangan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM)

Usulan dalam rancangan mengimplementasikan 8 pilar Total Productive Maintenance (TPM) di PT. Garut Makmur Perkasa yang dapat menggunakan 12 langkah penerapan yang dibagi menjadi 4 tahapan yaitu *preparation, preliminary implementation, tpm implementation, dan stabilization*. Dalam 4 tahap tersebut terdapat usulan lembar atau *sheet* yaitu :

1. Usulan *Six Big Losses Sheet*

Six Big Losses Sheet ini berfungsi untuk meningkatkan efektivitas mesin dan menghilangkan faktor-faktor *losses*. Berikut merupakan format *sheet six big losses* yang diusulkan :

| SIX BIG LOSSES SHEET PT. GARUT MAKMUR PERKASA | | | |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|
| Nama Mesin : | | | |
| Tanggal : | | | |
| Oleh : | | | |
| No. | Pertanyaan | Jawaban | Satuan |
| 1 | Apakah mesin sering rusak? | | |
| | Jika ya, seberapa sering hal tersebut terjadi dan mengapa hal tersebut terjadi? | | |
| | Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin? | | rata-rata/hari |
| 2 | Apakah mesin membutuhkan waktu <i>set-up</i> ? | | |
| | Jika ya, seberapa sering hal tersebut terjadi dan mengapa hal tersebut terjadi? | | |
| | Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk <i>set-up</i> ? | | rata-rata/hari |
| 3 | Apakah mesin atau proses produksi berjalan lambat daripada yang seharusnya? | | |
| | Jika ya, seberapa sering hal tersebut terjadi dan mengapa hal tersebut terjadi? | | |
| | Berapa banyak jumlah output produksi yang hilang saat mengalami hal tersebut? | | rata-rata/hari |
| 4 | Apakah operator sering berhenti dalam proses produksi karena kerusakan dalam mesin? | | |
| | Jika ya, seberapa sering hal tersebut terjadi dan mengapa hal tersebut terjadi? | | |
| | Berapa lama waktu <i>stoppage</i> atau pemberhentian tersebut berlangsung? | | rata-rata/hari |
| 5 | Apakah produk yang dihasilkan oleh mesin sering terjadi cacat? | | |
| | Jika ya, mengapa hal tersebut terjadi? | | |
| | Berapa banyak produk yang cacat ? | | rata-rata/hari |
| 6 | Apakah mesin atau proses produksi menghasilkan scrap atau produk yang harus diproduksi ulang? | | |
| | Jika ya, seberapa sering hal tersebut terjadi dan mengapa hal tersebut terjadi? | | |
| | Berapa rata-rata produk yang hilang menjadi scrap? | | rata-rata/hari |

Gambar 3.4 *Six Big Losses Sheet*

2. Usulan *Autonomous Standard Sheet*

Autonomous Standard Sheet berfungsi untuk mengembangkan pengetahuan operator dan menjadi peluang untuk perbaikan produktivitas kerja. Usulan untuk lembaran standarisasi untuk melakukan *cleaning, lubricating dan tightening* dalam *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :

| Autonomous Standard Sheet PT. Garut Makmur Perkasa | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------|------|----------|-----------|-------------|------------|-------------------------------|------|--|
| Nama Mesin : | | | | | | | NOTE | | | |
| Operator : | | | | | | | φ | Diisi oleh Operator | | |
| Tahun : | | | | | | | ⊗ | Diisi oleh Divisi Maintenance | | |
| Bulan : | | | | | | | | | | |
| ⊗ Cleaning Standard | ⊗ Cleaning Method | ⊗ Cleaning Tools | Week | φ Monday | φ Tuesday | φ Wednesday | φ Thursday | φ Friday | φ by | |
| | | | 1 | | | | | | | |
| | | | 2 | | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | | |
| | | | 4 | | | | | | | |
| ⊗ Lubricating Standard | ⊗ Lubricating Method | ⊗ Lubricating Tools | Week | φ Monday | φ Tuesday | φ Wednesday | φ Thursday | φ Friday | φ by | |
| | | | 1 | | | | | | | |
| | | | 2 | | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | | |
| | | | 4 | | | | | | | |
| ⊗ Tightening Standard | ⊗ Tightening Method | ⊗ Tightening Tools | Week | φ Monday | φ Tuesday | φ Wednesday | φ Thursday | φ Friday | φ by | |
| | | | 1 | | | | | | | |
| | | | 2 | | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | | |
| | | | 4 | | | | | | | |

Gambar 3.5 Autonomous Standard Sheet

3. Usulan 5S Audit Checksheet

5S Audit Checksheet berfungsi untuk meningkatkan kesadaran konsep 5s dipihak terkait. Berikut merupakan usulan lembar audit yang dapat dilakukan dengan acuan untuk mengevaluasi praktik 5S:

| 5S AUDIT CHECKSHEET PT. GARUT MAKMUR PERKASA | | | | | | | | |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|---|-------------|---|---|---|
| Area audit : | | | | | Total Score | | | |
| Wawancara Pekerja : | | | | | | | | |
| Anggota tim audit : | | | Score | | | | | |
| Tanggal : | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Seiri / Sort / Sortir : Apakah ada item yang tidak diperlukan diarea? Catatan | | | | | | | |
| 2 | Seiton/ Set in Order / Susun : Apakah barang-barang yang dibutuhkan memiliki tempat yang berlokasi strategis? Jika tidak digunakan, apakah mereka disimpan dan disusun ditempat mereka? Catatan | | | | | | | |
| 3 | Seiso / Shine / Sapu : Apakah mesin, stasiun kerja, lantai, dinding dan semua diarea bersih, bebas dan benar terawat? Catatan | | | | | | | |
| 4 | Seiketsu / Standardize / Standarisasi : Jika tim telah menetapkan dan mendokumentasikan standar pada seiri, seiton dan seiso. Apakah standar saat ini sedang diikuti, ditinjau dan diperbaiki? Catatan | | | | | | | |
| 5 | Shitsuke / Sustain / Disiplin : Apakah seiri, seiton, seiso, seiketsu sudah diimplementasikan dengan baik? Catatan | | | | | | | |
| 6 | Safety / Keamanan : Apakah pekerjaan yang dilakukan aman? Catatan | | | | | | | |
| 7 | Seiketsu / Standardize / Standarisasi : Apakah ada standarisasi pekerjaan dan instruksi kerja untuk area tersebut? Apakah instruksi kerja tersebut digunakan, diikuti, dipahami dan di perbarui secara berkala? Catatan | | | | | | | |

Gambar 3.6 5S Audit Checksheet

4. Usulan Lembar Pencatatan Kerusakan

Lembar Pencatatan Kerusakan berfungsi untuk mengevaluasi kondisi efektivitas dari mesin tersebut selama satu periode dan seterusnya. Berikut merupakan usulan lembar pencatatan kerusakan mesin :

| Lembar Pencatatan Kerusakan PT. Garut Makmur Perkasa | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------------|---------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Nama Mesin : | | | | | | | Tahun : | | | |
| Operator : | | | | | | | | | | |
| Bulan : | | | | | | | | | | |
| No | Kerusakan | Kerusakan | | Perbaikan | | Selesai Perbaikan | | Selisih Waktu Perbaikan (Jam) | Penyebab Kerusakan | Tindak Lanjut (Part yang diganti) |
| | | Tanggal | Pukul | Tanggal | Pukul | Tanggal | Pukul | | | |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| Total Waktu | | | | | | | | | | |

Gambar 3.7 Lembar Pencatatan Kerusakan

5. Usulan Lembar *Controlling Preventive Maintenance*.

Controlling Preventive Maintenance berfungsi untuk dapat meningkatkan program preventive maintenance agar lebih efektif dan terkontrol. Berikut merupakan usulan lembar *controlling preventive maintenance* PT. Garut Makmur Perkasa.

| Controlling Preventive Maintenance PT. Garut Makmur Perkasa | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------|-----------|------------------------|----------|--------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--|------|--|--|-------------|------------|-----------|----------|--------------|-----------|
| Nama Mesin : | | | | | | | Tahun : | | | | | | | | | | | |
| Operator : | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulan : | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No | Kondisi | | Preventive Maintenance | | Waktu Pemeliharaan | | Evaluasi | Keterangan | | | | | | | | | | |
| | Baik | Tidak | Pembersihan | Inspeksi | Tanggal | Pukul | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diawasi oleh | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Divisi Maintenance | | | | | | | <table border="1"> <tr><th colspan="3">Note</th></tr> <tr> <td>Pembersihan</td> <td>Bersih (B)</td> <td>Tidak (T)</td> </tr> <tr> <td>Inspeksi</td> <td>Berjalan (B)</td> <td>Tidak (T)</td> </tr> </table> | | | Note | | | Pembersihan | Bersih (B) | Tidak (T) | Inspeksi | Berjalan (B) | Tidak (T) |
| Note | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pembersihan | Bersih (B) | Tidak (T) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspeksi | Berjalan (B) | Tidak (T) | | | | | | | | | | | | | | | | |

Gambar 3.8 *Controlling Preventive Maintenance*

4 Kesimpulan

Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin *splitting* di PT. Garut Makmur Perkasa tahun 2017 sebesar 69%, pada tahun 2018 sebesar 73.68%, dan pada tahun 2019 sebesar 75.85%, sehingga nilai rata-rata OEE mesin *splitting* pada tahun 2017-2019 adalah sebesar 72.85% , yang dapat disimpulkan bahwa nilai OEE dibawah nilai standarisasi JIPM yaitu sebesar 85%. Sedangkan pada perhitungan *six big losses* tahun 2017-2019 dapat diketahui bahwa nilai losses yang paling besar dan mempengaruhi OEE adalah *idling minor and stoppage loss* sebesar 37%, dan *reduced speed loss* sebesar 32%.

Kemudian setelah diketahui nilai faktor-faktor losses terbesar maka dianalisis menggunakan *fishbone diagram* dengan melihat masing-masing faktor penyebab yaitu mesin, manusia, lingkungan, material dan metode. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap 8 pilar *Total Productive Maintenance*, yang dihasilkan dari analisis tersebut adalah bahwa PT. Garut Makmur Perkasa belum menerapkan 8 pilar *Total Productive Maintenance*, hal tersebut menyebabkan rendahnya nilai efektivitas suatu mesin terutama mesin *splitting*. Untuk meningkatkan efektivitas mesin *splitting* di PT. Garut Makmur Perkasa maka terdapat beberapa usulan yang diberikan untuk *Total Productive Maintenance* yaitu usulan terhadap *jobdesk* divisi maintenance dari kepala divisi maintenance maupun staff divisi maintenance dan usulan dalam rancangan mengimplementasikan 8 pilar *Total Productive Maintenance* (TPM) di PT. Garut Makmur Perkasa yang dapat menggunakan 12 langkah penerapan yang dibagi menjadi 4 tahapan yaitu *preparation*, *preliminary implementation*, *tpm implementation*, dan *stabilization*. Dalam 4 tahap tersebut terdapat usulan lembar atau sheet seperti usulan *Six Big Losses Sheet*, usulan *Autonomous Standard Sheet*, usulan *5S Audit Checksheet*, usulan Lembar Pencatatan Kerusakan, dan usulan Lembar *Controlling Preventive Maintenance*.

DAFTAR PUSTAKA

- Besterfield, D. H. (2013) *Quality Improvement (9th Edition), Chronic Illness Care: Principles and Practice*. doi: 10.1007/978-3-319-71812-5_35.
- Bon, A. T. and Lim, M. (2015) 'Total Productive Maintenance in automotive industry: Issues and effectiveness', *IEOM 2015 - 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Proceeding*. doi: 10.1109/IEOM.2015.7093837.
- Corder, A. (1996) *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Cetakan 2. Edited by A. Sempurno. Jakarta: Erlangga.
- Dal, B., Tugwell, P. and Greatbanks, R. (2000) 'Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement - A practical analysis', *International Journal of Operations and Production Management*, 20(12), pp. 1488–1502. doi: 10.1108/01443570010355750.
- Djatna, T. and Alitu, I. M. (2015) 'An Application of Association Rule Mining in Total Productive Maintenance Strategy: An Analysis and Modelling in Wooden Door Manufacturing Industry', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 4(Iess), pp. 336–343. doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.049.
- Hashim, S. and Habidin, N. F. (2013) 'Total Productive Maintenance (TPM), Kaizen Events (KE), and Innovation Performance (IP)', (January).
- Heizer, J. and Rander, B. (2001) 'Operations Management Sixth Edition', *524 Jurnal EMBA*, 6(4), p. 82.
- JOSHI, A. G. and BAGI, J. S. (2015) 'Improvement of Productivity and Quality Dimensions of a Foundry Process with TPM Technique--A Case Study.', *Productivity*, 54(2), pp. 178–194. Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bsu&AN=93477709&site=ehost-live>.
- Kigsirisin, S., Pussawiro, S. and Noohawm, O. (2016) 'Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity: A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant', *Procedia Engineering*. The Author(s), 154, pp. 260–267. doi: 10.1016/j.proeng.2016.07.472.
- Kurniawan, F. (2013) 'Manajemen Perawatan Industri Teknik dan Aplikasi (implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reliability Centered Maintenance (RCM))', pp. 1–139.
- Ljungberg, Ö. (2016) 'Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities', *International Journal of Operations and Production Management*, 18(5), pp. 495–507. doi: 10.1108/01443579810206334.
- Modgil, S. and Sharma, S. (2016) 'Total Productive Maintenance, Total Quality Management and Operational Performance An Empirical study of Indian Pharmaceutical Industry', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 18(3), pp. 344–362.
- Mwanza, B. G. and Mbohwa, C. (2015) 'Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 4(Iess), pp. 461–470. doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.063.
- Pomorski, T. R. (2004) 'Total Productive Maintenance Concepts and Literature Review', *Brooks Automation, Inc.*, pp. 1–110. Available at: <http://zoomin.idt.mdh.se/course/KPP202/HT2010/Le12ASn101012/Pomorski2004.pdf>.
- Saputra, M. T. D., Alhilman, J. and Athari, N. (2017) 'Performance Evaluation on Printing Machine Goss Universal Using Reliability Availability Maintainability (RAM) Analysis and Overall Equipment Effectiveness (OEE)', *International Journal of Innovation in Enterprise System*, 1(01), pp. 37–43. doi: 10.25124/ijies.v1i01.10.
- Stamatis, D. H. (2017) *The OEE Primer, The OEE Primer*. doi: 10.1201/ebk1439814062.
- Venkatesh, J. (2007) 'An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)', *The plant maintenance resource center*.
- Wibowo, A. P., Atmaji, F. T. D. and Budiasih, E. (2019) 'MAINTENANCE POLICY of JET DYEING MACHINE USING LIFE CYCLE COST (LCC) AND OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) IN PT.XYZ', 2(IcoIESE 2018), pp. 144–147. doi: 10.2991/icoiese-18.2019.26.