

EVALUASI EFEKTIVITAS PEMELIHARAAN MENGGUNAKAN ALAT *REMINDER* PEMELIHARAAN DENGAN PENERAPAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* DI PT. PLN (PERSERO) RAYON HARUKU

J. M. Tupan

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon

A Simanjuntak

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon

Luthfy Aditjar

PLN Wilayah Maluku dan Maluku Utara, Ambon

ABSTRAK

Pemeliharaan terencana di Satuan Pembangkit Diesel (SPD) harus dilakukan tepat waktu yang dapat mendeteksi atau mengetahui masalah lebih dini. Pada kondisi riil dilapangan, kegiatan pemeliharaan di PLTD Rayon Haruku kurang termonitor. PLTD ini memerlukan suatu metode yang mampu mengatasi permasalahan tersebut dengan jelas agar dapat melakukan peningkatan kinerja peralatan dan perawatan dengan optimal. Dengan alat reminder pemeliharaan, diharapkan dapat menjaga kondisi mesin agar selalu handal dan siap beroperasi serta tidak mengalami kerusakan pada waktu yang singkat, sehingga hasilnya dapat meningkatkan efektivitas pemeliharaan serta menekan nilai kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan komponen mesin. Dari hasil penelitian ini didapat nilai Overall Equipment Effectiveness sebesar 94.37% yang menunjukkan bahwa proses penggunaan alat reminder pemeliharaan sangat membantu proses penerapan TPM secara ideal.

Kata Kunci: *Pemeliharaan, Alat Reminder Pemeliharaan, Total Productive Maintenance*

ABSTRACT

Planned maintenance at the Diesel Generating Unit (SPD) must be carried out on time that can detect or find out problems early. In the real conditions, maintenance activities in the PLTD Rayon Haruku are not monitored. This PLTD requires a method that can overcome these problems clearly to improve the performance of equipment and maintenance optimally. The maintenance reminder tool is expected to maintain the condition of the machine to always be operated and reliable and not suffer for damage in a short time. Then, the results can increase the effectiveness of maintenance and reduce the value of losses caused by damage to engine components. The results of this study show that the Overall Equipment Effectiveness value is 94.37% which means that the process of using maintenance reminder tools greatly helped the process of applying TPM ideally

Keywords: *Maintenance, Maintenance Reminder Tools, Total Productive Maintenance*

PENDAHULUAN

Pemeliharaan adalah tindakan merawat mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui umur masa pakai dan kegagalan/kerusakan mesin. (Setiawan F.D, 2008). Kegiatan pemeliharaan sangat penting karena dapat memperpanjang kegunaan atau umur asset, menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin, menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, dan juga dapat menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), terdapat dua jenis pemeliharaan yaitu pemeliharaan terencana dan tidak terencana. Pemeliharaan terencana dilakukan berdasarkan waktu yaitu pemeliharaan rutin (P0-P5) dan pemeliharaan periodik (P6-P8), sedangkan pemeliharaan tidak terencana adalah pemeliharaan yang dilakukan karena terjadi gangguan kerusakan yang tidak terduga, sehingga harus dilakukan perbaikan secepatnya (bersifat darurat).

Pemeliharaan terencana pada Satuan Pembangkit Diesel (SPD) harus dilakukan tepat waktu, hal ini dikarenakan terdapat *part-part* yang mempunyai umur pakai sehingga harus diganti, dan apabila tidak diganti akan dapat mempengaruhi sistem dari mesin itu sendiri yang dapat berakibat lebih fatal. Pemeliharaan tepat waktu juga dapat mendeteksi atau mengetahui masalah lebih dini. Pemeliharaan juga tidak boleh dilakukan terlalu cepat ataupun terlalu lambat.

Rendahnya tingkat produksi mesin menimbulkan kerugian yang besar bagi perusahaan diakibatkan oleh tidak teraturnya kegiatan pemeliharaan, terdapat dalam enam faktor yang disebut enam kerugian besar (*six big losses*). Adapun enam kerugian tersebut adalah *downtime* yang terdiri dari *breakdown* (kerusakan mesin/peralatan), *set up and adjustment* (kesalahan pemasangan dan penyetelan). *Speed losses* terdiri dari *idling and minor stoppage losses* disebabkan oleh kejadian – kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak untuk pemeriksaan, kemacetan mesin dan *reduced speed loss* yaitu kerugian karena mesin tidak berkerja optimal (penurunan daya mampu operasi) terjadi ketika daya aktual mesin beroperasi lebih kecil dari daya mampu normal. *Defect losses*, terdiri dari *process defect* yaitu kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang dan *reduced yield losses* disebabkan material tidak terpakai atau sampah baku.

PLTD Rayon Haruku saat ini memiliki daya mampu 1.000 KW dengan beban puncak rata-rata tahun 2016 sebesar 950 kW, dengan cadangan daya yang sangat sedikit, tentunya tidak boleh ada mesin yang *out* akibat gangguan, karena akan terjadi defisit yang mengganggu kontinuitas pasokan listrik ke pelanggan.

Pada saat ini, kegiatan pemeliharaan di PLTD Rayon Haruku kurang termonitor, karena PLTD ini merupakan unit yang kecil dengan jumlah pegawai minim, dan belum adanya alur kerja yang terorganisir, sehingga kegiatan pemeliharaan sering terbengkalai atau tidak tepat waktu. Hal ini dapat dilihat dari frekuensi gangguan yang terjadi pada mesin akibat terlambatnya kegiatan pemeliharaan yang menyebabkan proses produksi listrik menjadi terhenti. Setelah adanya alat *reminder* pemeliharaan, diharapkan mampu membantu terciptanya pemeliharaan tepat waktu yang efektif pada mesin.

Oleh karena itu, diperlukan langkah – langkah yang efektif dan efisien dalam kegiatan pemeliharaan untuk dapat mencegah terjadinya masalah tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang kesesuaian faktor – faktor yang menentukan kebutuhan penerapan TPM (*Total Productive Maintenance*) dengan kondisi perusahaan dan melihat faktor mana dari *six big losses* tersebut yang dominan mempengaruhi terjadinya penurunan efektivitas mesin. Dengan demikian penulisan ini akan memberikan evaluasi perbaikan efektivitas mesin melalui penerapan TPM.

LANDASAN TEORI

Pemeliharaan (*Maintanance*)

Pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Sofyan Assauri, 2004). Pada umumnya sebuah produk yang dihasilkan oleh manusia, tidak ada yang tidak mungkin rusak, tetapi usia penggunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan yang dikenal dengan pemeliharaan. (Corder, Antony, K. Hadi, 1992). Oleh karena itu, sangat dibutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi kegiatan pemeliharaan dan perawatan mesin yang digunakan dalam proses produksi. Dari beberapa pendapat di atas bahwa dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan perusahaan agar dapat melaksanakan produksi dengan efektif dan efisien sesuai dengan pesanan yang telah direncanakan dengan hasil produk yang berkualitas.

Menurut Daryus A, (2008) dalam bukunya manajemen pemeliharaan mesin, Tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefenisikan sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang asset
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Sedangkan menurut Sofyan Assauri, tujuan pemeliharaan adalah:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja

6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah

Menurut pendapat Agus Ahyari, (2002) fungsi pemeliharaan adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi.

Keuntungan-keuntungan yang akan diperoleh dengan adanya pemeliharaan yang baik terhadap mesin, adalah sebagai berikut :

1. Mesin dan peralatan produksi yang ada dalam perusahaan yang bersangkutan akan dapat dipergunakan dalam jangka waktu panjang,
2. Pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan yang bersangkutan berjalan dengan lancar,
3. Dapat menghindarkan diri atau dapat menekan sekecil mungkin terdapatnya kemungkinan kerusakan-kerusakan berat dari mesin dan peralatan produksi selama proses produksi berjalan,
4. Peralatan produksi yang digunakan dapat berjalan stabil dan baik, maka proses dan pengendalian kualitas proses harus dilaksanakan dengan baik pula
5. Dapat dihindarkannya kerusakan-kerusakan total dari mesin dan peralatan produksi yang digunakan,
6. Apabila mesin dan peralatan produksi berjalan dengan baik, maka penyerapan bahan baku dapat berjalan normal,
7. Dengan adanya kelancaran penggunaan mesin dan peralatan produksi dalam perusahaan, maka pembebanan mesin dan peralatan produksi yang ada semakin baik.

Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan Pekerjaan pemeliharaan dikategorikan dalam dua cara (Corder, Antony, K. Hadi, 1992), yaitu :

1. Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*)
2. Pemeliharaan tak terencana (*unplanned maintenance*)

Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan suatu sistem pemeliharaan dan perbaikan pada mesin atau peralatan yang melibatkan semua divisi dan karyawan mulai dari operator hingga manajemen puncak berdasarkan komitmen yang telah disepakati bersama. Konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) pertama kali diterapkan di Jepang pada tahun 1971. Pada awalnya, Jepang belajar pemeliharaan produktifitas dari Amerika, lalu digabungkan dengan kebudayaan Jepang (kerja tim). TPM merupakan pencapaian efisiensi pemeliharaan mandiri melalui satu sistem yang lengkap berdasarkan keikutsertaan seluruh karyawan. Selain itu, TPM gabungan dari beberapa ilmu tingkah laku (manusia dan mesin), rekayasa sistem, ekologi (perubahan mesin), dan logistik.

TPM dirancang untuk mencegah terjadinya suatu kerugian karena terhentinya aktivitas produksi, yang disebabkan oleh kegagalan fungsi dari suatu peralatan (mesin), kerugian yang disebabkan oleh hilangnya kecepatan produksi mesin yang diakibatkan oleh kegagalan fungsi suatu komponen tertentu dari suatu mesin produksi, dan kerugian karena cacat yang disebabkan oleh kegagalan fungsi komponen atau mesin produksi. Jadi dapat di simpulkan secara sederhana bahwa tujuannya diaplikasikannya TPM adalah untuk mengoptimalkan efisiensi sistem produksi secara keseluruhan melalui aktivitas pemeliharaan dan perbaikan secara terorganisir.

Pada dasarnya, masalah pemeliharaan dan perbaikan sudah timbul sejak pemilihan instalasi atau peralatan. Hal ini disebabkan karena suatu sistem pemeliharaan dan perbaikan hanya dapat dilakukan dengan baik dan benar jika sekurang-kurangnya telah dipahami prinsip kerja dan karakteristik instalasi, konstruksi dan filsafat perancangannya, bahan dan energi yang digunakan, serta jumlah dan kualifikasi operator dan teknisi yang menanganinya. Dimana sistem pemeliharaan dan perbaikan meliputi semua usaha untuk menjamin agar instalasi senantiasa dapat berfungsi dengan baik, efisien dan ekonomis, sesuai dengan spesifikasi dan kemampuannya. Sementara disisi lain hal yang perlu diperhatikan bahwa biaya pemeliharaan dan perbaikan haruslah dapat ditekan seminimal mungkin.

Definisi lengkap TPM memuat 5 hal JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) 1971 antara lain:

1. Memaksimalkan efektifitas menyeluruh alat / mesin.
2. Menerapkan sistem *preventive maintenance* yang komprehensif sepanjang umur mesin / peralatan.
3. Melibatkan seluruh departemen perusahaan.
4. Melibatkan semua karyawan dari *top management* sampai karyawan lapangan.
5. Mengembangkan *preventive maintenance* melalui manajemen motivasi aktivitas kelompok kecil mandiri

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

1. Peningkatan produktifitas dengan menggunakan prinsip prinsip TPM akan meminimalkan kerugian kerugian pada perusahaan
2. Meningkatkan kualitas dengan TPM, meminimalkan kerusakan pada mesin/peralatan dan *downtime* mesin dengan metode terfokus
3. Waktu *delivery* ke konsumen dapat ditepati karena produksi yang tanpa gangguan akan lebih mudah untuk di laksanakan
4. Biaya produksi rendah karena rugi dan pekerjaan yang tidak memberi nilai tambah dapat dikurangi
5. Kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja baik
6. Meningkatkan motivasi kerja , karena hak dan tanggung jawab di delegasikan pada setiap orang.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan produk dari *six big losses* pada mesin/peralatan. Keenam faktor dalam *six big losses* dapat di kelompokkan menjadi tiga komponen utama dalam OEE untuk di gunakan dalam mengukur kinerja mesin/peralatan yaitu: *downtimes losses*, *speed losses* dan *defect losses*

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (1)$$

OEE merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin/peralatan dan kinerjanya secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu untuk ditingkatkan produktivitas 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. Formula matematis dari overall equipment effectiveness (OEE) dirumuskan sebagai berikut :

$$OEE = Availability \times Performance \text{ efficiency} \times Rate \text{ of quality product} \times 100\% \quad (2)$$

Six Big Loss

Tujuan utama dari TPM dan Program OEE adalah mengurangi atau menghilangkan apa yang disebut *Six Big Losses* – penyebab umum dari ketidak efisienan dari manufacturing. Menggunakan mesin /peralatan seefisien mungkin artinya adalah memaksimalkan fungsi dari kinerja mesin/peralatan produksi dengan tepat guna dan berdaya guna. Untuk dapat meningkatkan produktifitas mesin/peralatan yang digunakan maka perlu dilakukan analisis produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan pada *six big losses*, adapun ke enam kerugian besar (*six big losses*) tersebut adalah sebagai berikut:

1. Downtime (Penurunan Waktu)
2. Speed Losses (Penurunan Kecepatan)
3. Defects (Cacat)

Diagram Sebab Akibat

Diagram *Cause and Effect* atau Diagram Sebab Akibat adalah alat yang membantu mengidentifikasi, memilah, dan menampilkan berbagai penyebab yang mungkin dari suatu masalah atau karakteristik kualitas tertentu. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah dengan semua faktor penyebab yang mempengaruhi masalah tersebut.

Diagram *fishbone* ini dapat digunakan ketika kita perlu:

1. Mengenali akar penyebab masalah atau sebab mendasar dari akibat, masalah, atau kondisi tertentu
2. Memilah dan menguraikan pengaruh timbal balik antara berbagai faktor yang mempengaruhi akibat atau proses tertentu
3. Menganalisa masalah yang ada sehingga tindakan yang tepat dapat diambil

Manfaat menggunakan diagram *fishbone* ini:

1. Membantu menentukan akar penyebab masalah dengan pendekatan yang terstruktur
2. Mendorong kelompok untuk berpartisipasi dan memanfaatkan pengetahuan kelompok tentang proses yang dianalisis
3. Menunjukkan penyebab yang mungkin dari variasi atau perbedaan yang terjadi dalam suatu proses

4. Meningkatkan pengetahuan tentang proses yang dianalisis dengan membantu setiap orang untuk mempelajari lebih lanjut berbagai faktor kerja dan bagaimana faktor-faktor tersebut saling berhubungan
5. Mengenali area dimana data seharusnya dikumpulkan untuk pengkajian lebih lanjut

METODE PENELITIAN

Variabel dan Definisi Operasional

Variabel keputusan dapat dinotasikan dengan lambang X. Yang termasuk dalam indikator variabel keputusan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

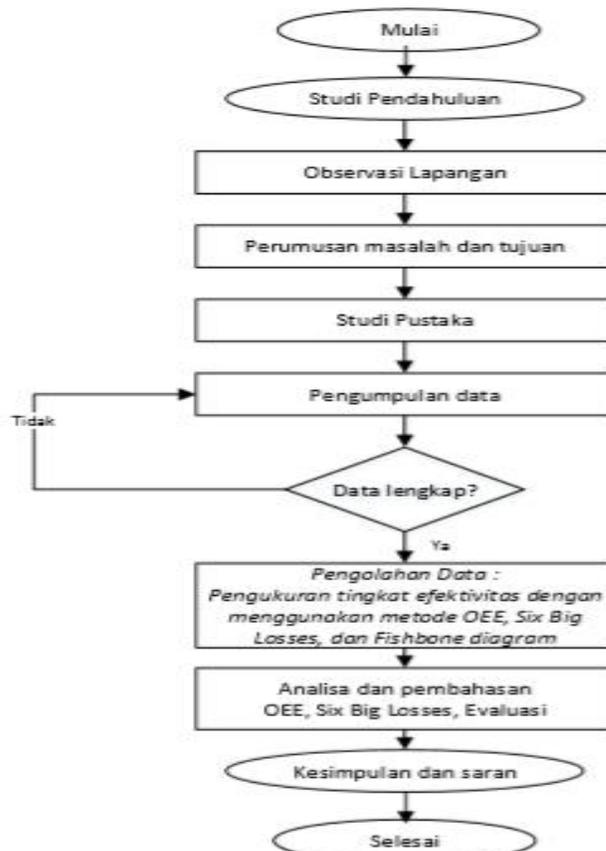
- a. Availability Ratio (X_1)
- b. Performance Efficiency (X_2)
- c. Rate Of Quality Product (X_3)

Variabel keputusan merupakan suatu indikator untuk mencapai variabel tujuan. Yang mana variabel tujuan adalah Efektivitas Alat.

Metode Analisa Data

Data yang diperoleh dari proses pengumpulan data perusahaan selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, *Six Big Losses* dan *Fishbone Diagram*.

Berikut ini merupakan *flowchart* dari penelitian ini.



Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data KWH Produksi

PLTD Rayon Haruku sebagai pembangkit listrik tenaga diesel memproduksi listrik secara kontinyu dan memberikan suplai listrik untuk pelanggan PLN Rayon Haruku. Berikut ini merupakan rekapitulasi dari laporan kwh produksi mesin MTU 12V2000 G62 PLTD Rayon Haruku

Data Kwh Produksi Januari – Desember 2016

Bulan	KWH Produksi (KWH)
Januari	116,784
Februari	100,056
Maret	182,784
April	179,160
Mei	171,192
Juni	176,400
Juli	192,048
Agustus	169,200
September	186,240
Oktober	193,344
November	183,936
Desember	196,032

*sumber: laporan bulanan pembangkitan bulan Januari – Desember 2016 PLTD Haruku

Data Jam Kerja Dan Delay Mesin

Dari hasil pengamatan pada mesin pembangkitan, *delay* mesin disebabkan karena faktor – faktor berikut.

1. Tidak operasi karena adanya pemeliharaan terencana.
2. Tidak operasi karena gangguan, terjadi ketika mesin tiba – tiba harus dilakukan *emergency off* karena mesin mengalami kerusakan, sehingga dilakukan pemeliharaan secara mendadak untuk mengatasi kerusakan yang terjadi.

Delay Mesin (Satuan dalam jam)

Bulan	Jam Kerja Tersedia	Tidak Operasi Terencana	Tidak Operasi Gangguan	Total Delay
Januari	720	17	1	18
Februari	696	12	2	14
Maret	744	10	0	10
April	720	12	0	12
Mei	744	16	2	18
Juni	720	17	3	20
Juli	744	12	0	12
Agustus	744	11	1	12
September	720	12	0	12
Oktober	744	16	2	18
November	720	11	4	15
Desember	744	16	2	18

*sumber: laporan bulanan pembangkitan bulan Januari – Desember 2016 PLTD Haruku

Penentuan Availability Ratio

Availability merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*. Rumus yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* adalah:

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

Operation time dihitung dengan rumus:

$$\text{Operation time} = \text{Loading Time} - \text{Sudden Down Time}$$

Loading time adalah waktu yang tersedia perbulan dikurangi dengan waktu, sedangkan *downtime* yang telah ditetapkan oleh perusahaan (*planned downtime*).

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

Available time (jam kerja tersedia) adalah jumlah waktu yang tersedia dalam setiap bulannya yaitu:

$$24 \text{ Jam} \times \text{Jumlah hari dalam sebulan}$$

Total Loading Time (Dalam satuan jam)

Bulan	Available Time	Planned Downtime	Loading Time
Januari	720	17	703
Februari	696	12	684
Maret	744	10	734
April	720	12	708
Mei	744	16	728
Juni	720	17	703
Juli	744	12	732
Agustus	744	11	733
September	720	12	708
Oktober	744	16	728
November	720	11	709
Desember	744	16	728

*sumber: laporan bulanan pembangkitan bulan Januari – Desember 2016 PLTD Haruku

Total Downtime (Dalam satuan jam)

Bulan	Available Time	Planned Downtime	Sudden Downtime	Total Downtime
Januari	720	17	1	18
Februari	696	12	2	14
Maret	744	10	0	10
April	720	12	0	12
Mei	744	16	2	18
Juni	720	17	3	20
Juli	744	12	0	12
Agustus	744	11	1	12
September	720	12	0	12
Oktober	744	16	2	18
November	720	11	4	15
Desember	744	16	2	18

*sumber: laporan bulanan pembangkitan bulan Januari – Desember 2016 PLTD Haruku

Total Perhitungan Availability Ratio

Bulan	Loading Time (jam)	Operation Time (jam)	Availability Ratio
Januari	703	702	99.86%
Februari	684	682	99.71%
Maret	734	734	100.00%
April	708	708	100.00%
Mei	728	726	99.73%
Juni	703	700	99.57%
Juli	732	732	100.00%
Agustus	733	732	99.86%
September	708	708	100.00%
Oktober	728	726	99.73%
November	709	705	99.44%
Desember	728	726	99.73%

*hasil pengolahan data

Perhitungan Performance Efficiency

Perhitungan *performance efficiency* dimulai dengan perhitungan *ideal cycle time*. *Ideal cycle time* merupakan waktu siklus ideal mesin setelah pemeliharaan agar dapat beroperasi kembali. Untuk menghitung *ideal cycle time* maka digunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ jam kerja} &= \left(1 - \frac{\text{Total Delay}}{\text{Available Time}} \right) \times 100 \% \\ &= \left(1 - \frac{18}{720} \right) \times 100 \% \\ &= 97.50 \% \end{aligned}$$

Presentase Jam Kerja Efektif

Bulan	Available time (jam)	Total Delay (jam)	% Jam kerja
Januari	720	18	97.50%
Februari	696	14	97.99%
Maret	744	10	98.66%
April	720	12	98.33%
Mai	744	18	97.58%
Juni	720	20	97.22%
Juli	744	12	98.39%
Agustus	744	12	98.39%
September	720	12	98.33%
Oktober	744	18	97.58%
November	720	15	97.92%
Desember	744	18	97.58%

*hasil pengolahan data

KWH Produksi & Loading Time

Bulan	KWH Produksi (KWH)	Loading Time (jam)
Januari	116,784	703
Februari	100,056	684
Maret	182,784	734
April	179,160	708
Mai	171,192	728
Juni	176,400	703
Juli	192,048	732
Agustus	169,200	733
September	186,240	708
Oktober	193,344	728
November	183,936	709
Desember	196,032	728

*sumber: laporan bulanan pembangkitan bulan Januari – Desember 2016 PLTD Haru

Persamaan Waktu Siklus:

$$\text{Waktu siklus} = \frac{\text{Loading time}}{\text{Produksi Kwh}}$$

Waktu Siklus Ideal

Bulan	Loading Time (jam)	Waktu Siklus Ideal (jam/kwh)
Januari	703	0.005869
Februari	684	0.006699
Maret	734	0.003962
April	708	0.003886
Mei	728	0.004150
Juni	703	0.003875
Juli	732	0.003750
Agustus	733	0.004262
September	708	0.003738
Oktober	728	0.003674
November	709	0.003774
Desember	728	0.003624

*hasil pengolahan data

Total Perhitungan Performance Efficiency

Bulan	Produksi (kwh)	KWH PS (kwh)	Processed Amount (kwh)	Waktu Siklus Ideal	Operation Time (jam)	Performance Efficiency
Januari	116,784	0	116,784	0.005869	702	97.64%
Februari	100,056	0	100,056	0.006699	682	98.28%
Maret	182,784	0	182,784	0.003962	734	98.66%
April	179,160	0	179,160	0.003886	708	98.33%
Mei	171,192	0	171,192	0.004150	726	97.85%
Juni	176,400	0	176,400	0.003875	700	97.64%
Juli	192,048	0	192,048	0.003750	732	98.39%
Agustus	169,200	0	169,200	0.004262	732	98.52%
September	186,240	0	186,240	0.003738	708	98.33%
Oktober	193,344	0	193,344	0.003674	726	97.85%
November	183,936	0	183,936	0.003774	705	98.47%
Desember	196,032	0	196,032	0.003624	726	97.85%

*hasil pengolahan data

Perhitungan Rate Of Quality Product

Rate Quality of Product merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan mesin dalam menghasilkan listrik sesuai dengan standar mesin tersebut. Rumus yang digunakan untuk perhitungan ini adalah persamaan berikut:

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

Defect amount adalah jumlah KWH yang gagal dibangkitkan oleh mesin dalam waktu tertentu

$$\text{Defect Amount} = \text{Daya mampu} \times \text{Total Delay}$$

$$\text{Defect Amount}$$

Daya Mampu Mesin	Bulan	Total Delay (Jam)	Defect Amount (KWH)	Processed Amount (KWH)
400 KVA	Januari	18	7,200	116,784
	Februari	14	5,600	100,056
	Maret	10	4,000	182,784
	April	12	4,800	179,160
	Mei	18	7,200	171,192
	Juni	20	8,000	176,400
	Juli	12	4,800	192,048
	Agustus	12	4,800	169,200
	September	12	4,800	186,240
	Oktober	18	7,200	193,344
	November	15	6,000	183,936
	Desember	18	7,200	196,032

*hasil pengolahan data

Rate Of Quality Product

Bulan	Processed Amount (kwh)	Defect Amount (kwh)	Rate Of Quality Product
Januari	116,784	7,200	93.83%
Februari	100,056	5,600	94.40%
Maret	182,784	4,000	97.81%
April	179,160	4,800	97.32%
Mel	171,192	7,200	95.79%
Juni	176,400	8,000	95.46%
Juli	192,048	4,800	97.50%
Agustus	169,200	4,800	97.16%
September	186,240	4,800	97.42%
Oktober	193,344	7,200	96.28%
November	183,936	6,000	96.74%
Desember	196,032	7,200	96.33%

*hasil pengolahan data

Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Untuk mengetahui besarnya efektivitas alat *reminder* pemeliharaan dalam proses kegiatan pembangkitan listrik maka dilakukan perkalian *availability ratio*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product* dengan persamaan sebagai berikut:

$$OEE = Availability (\%) \times Performance Efficiency (\%) \times Rate Of Quality Product (\%)$$

Perhitungan OEE

Bulan	Availability Ratio	Performance Efficiency	Rate Of Quality Product	OEE
Januari	99.86%	97.64%	93.83%	91.49%
Februari	99.71%	98.28%	94.40%	92.50%
Maret	100.00%	98.66%	97.81%	96.50%
April	100.00%	98.33%	97.32%	95.70%
Mel	99.73%	97.85%	95.79%	93.48%
Juni	99.57%	97.64%	95.46%	92.81%
Juli	100.00%	98.39%	97.50%	95.93%
Agustus	99.86%	98.52%	97.16%	95.60%
September	100.00%	98.33%	97.42%	95.80%
Oktober	99.73%	97.85%	96.28%	93.95%
November	99.44%	98.47%	96.74%	94.72%
Desember	99.73%	97.85%	96.33%	94.00%

*hasil pengolahan data

Berdasarkan *Vorne Industry* sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pengembangan industri menyatakan bahwa nilai OEE Standar Dunia adalah sebesar 85 % dengan perhitungan:

1. Availability > 90 %
2. Performance > 95 %
3. Quality > 99 %

Sehingga OEE adalah $0.90 \times 0.95 \times 0.99 \times 100\% = 85\%$.

Hasil perhitungan OEE pembangkit setelah digunakan alat *reminder* pemeliharaan mulai bulan Januari – Desember 2016 dilakukan rata – rata maka didapatkan nilai sebesar 94.37%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan alat *reminder* pemeliharaan sangat efektif dalam membantu penerapan TPM yang ideal. Karena dengan terjaganya kondisi yang optimal pada mesin dengan pemeliharaan yang teratur, maka akan berpengaruh pula pada keandalan mesin. Hal ini juga mampu mengurangi biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan perbaikan karena semakin berkurangnya kerusakan yang terjadi pada mesin

Perhitungan Six Big Loss

- A. Downtime Losses
 - 1. Equipment Failure

$$\text{Equipment Failure Loss} = \frac{\text{Total Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \%$$

Total Equipment Failure Loss

Bulan	Breakdown Time (jam)	Loading Time (jam)	Equipment Failure Loss
Januari	1	703	0.14%
Februari	2	684	0.29%
Maret	0	734	0.00%
April	0	708	0.00%
Mei	2	728	0.27%
Juni	3	703	0.43%
Juli	0	732	0.00%
Agustus	1	733	0.14%
September	0	708	0.00%
Oktober	2	728	0.27%
November	4	709	0.56%
Desember	2	728	0.27%

*hasil pengolahan data

- 2. Set Up And Adjustment

$$\text{Set up and adjustment loss} = \frac{\text{Total setup and adjustment time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \%$$

Set Up Loss

Bulan	Total setup and adjustment (jam)	Loading Time (jam)	Setup Loss
Januari	17	703	2.42%
Februari	12	684	1.75%
Maret	10	734	1.36%
April	12	708	1.69%
Mei	16	728	2.20%
Juni	17	703	2.42%
Juli	12	732	1.64%
Agustus	11	733	1.50%
September	12	708	1.69%
Oktober	16	728	2.20%
November	11	709	1.55%
Desember	16	728	2.20%

*hasil pengolahan data

- B. Speed Losses
 - 1. Idling And Minor Stoppages

Merupakan kerugian karena mesin beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat muncul jika faktor eksternal mengakibatkan mesin atau peralatan berhenti atau beroperasi tanpa menghasilkan produk. Untuk mengetahui presentase dari faktor *idling and minor stoppages* dalam mempengaruhi efektivitas mesin, maka digunakan persamaan berikut:

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

Non Productive Time

Persiapan start (menit)	Pemanasan mesin (menit)	Sinkron (Menit)	Shutdown (menit)	Total (menit)
5	5	3	5	18

*sumber: data operasi mesin

Total Non Productive Time Per Bulan

Bulan	Non Productive time (jam)
Januari	9.30
Februari	8.40
Maret	9.30
April	9.00
Mei	9.30
Juni	9.00
Juli	9.30
Agustus	9.30
September	9.00
Oktober	9.30
November	9.00
Desember	9.30

*hasil pengolahan data

Idling And Minor Stoppages

Bulan	Non-productive time (jam)	Loading Time (jam)	Idling and Minor Stoppage
Januari	9.30	703	1.32%
Februari	8.40	684	1.23%
Maret	9.30	734	1.27%
April	9.00	708	1.27%
Mei	9.30	728	1.28%
Juni	9.00	703	1.28%
Juli	9.30	732	1.27%
Agustus	9.30	733	1.27%
September	9.00	708	1.27%
Oktober	9.30	728	1.28%
November	9.00	709	1.27%
Desember	9.30	728	1.28%

*hasil pengolahan data

2. Reduce Speed Loss

Reduced speed loss merupakan menurunnya produksi listrik yang timbul karena jam operasi aktual lebih kecil dari jam operasi mesin yang telah direncanakan. Untuk mendapatkan presentase *Reduced speed loss* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{\text{Operation Time} - (\text{ideal Cycle} \times \text{Total product process})}{\text{Loading Time}} \times 100 \%$$

Reduce Speed Loss

Bulan	Operation Time (jam)	Waktu Siklus Ideal	Produksi (kwh)	Loading Time (jam)	Reduced Speed Loss
Januari	702	0.005859	116,784	703	2.36%
Februari	682	0.006699	100,056	684	1.72%
Maret	734	0.005962	182,784	734	1.34%
April	708	0.003886	179,160	708	1.57%
Mei	726	0.00415	171,192	728	2.14%
Juni	700	0.005875	176,400	703	2.35%
Juli	732	0.00375	192,048	732	1.61%
Agustus	732	0.004262	169,200	733	1.48%
September	708	0.003738	186,240	708	1.57%
Oktober	726	0.005674	193,344	728	2.14%
November	705	0.005724	183,936	709	1.52%
Desember	726	0.005674	196,032	728	2.14%

*hasil pengolahan data

C. Quality Losses

1. Defect Loss

Losses ini terjadi karena adanya kerusakan yang dikarenakan terlambatnya kegiatan pemeliharaan mesin sehingga mesin harus berhenti operasi untuk pemeliharaan. Perhitungan *defect loss* dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$Defect\ loss = \frac{ideal\ Cycle \times rework}{Loading\ Time} \times 100\ %$$

Perhitungan *Defect Loss*

Bulan	Loading Time (Jam)	Waktu Siklus Ideal	Defect (KWH)	defect Time (Jam)	defect Loss
Januari	703	0.005869	7200	1	0.33%
Februari	684	0.006699	5600	2	0.39%
Maret	734	0.003962	4000	0	0.22%
April	708	0.003886	4800	0	0.22%
Mei	728	0.00415	7200	2	0.23%
Juni	703	0.003875	8000	3	0.22%
Juli	732	0.00375	4800	0	0.20%
Agustus	733	0.004262	4800	1	0.23%
September	708	0.003738	4800	0	0.21%
Oktober	728	0.003674	7200	2	0.20%
November	709	0.003774	6000	4	0.21%
Desember	728	0.003624	7200	2	0.20%

*hasil pengolahan data

2. *Yield/Scrap Loss*

Kerugian karena mesin tidak beroperasi menyebabkan hilangnya produksi listrik yang harusnya dapat disalurkan ke masyarakat. Untuk mengetahui presentase faktor *yield/scrap loss* yang mempengaruhi efektivitas mesin, maka digunakan rumus:

$$Yield/scrap\ loss = \frac{ideal\ Cycle \times scrap}{Loading\ Time} \times 100\ %$$

Total Perhitungan *Yield Loss*

Bulan	Loading Time (Jam)	Waktu Siklus Ideal	Scrap(KWH)	Yield Loss
Januari	703	0.005869	400	0.33%
Februari	684	0.006699	800	0.78%
Maret	734	0.003962	0	0.00%
April	708	0.003886	0	0.00%
Mei	728	0.00415	800	0.46%
Juni	703	0.003875	1200	0.66%
Juli	732	0.00375	0	0.00%
Agustus	733	0.004262	400	0.23%
September	708	0.003738	0	0.00%
Oktober	728	0.003674	800	0.40%
November	709	0.003774	1600	0.85%
Desember	728	0.003624	800	0.40%

*hasil pengolahan data

Presentase Kumulatif Six Big Loss

<i>Six Big Losses</i>	Presentase Kumulatif
<i>Equipment Failure</i>	2.39%
<i>Setup Loss</i>	22.63%
<i>Idling and Minor Stoppage</i>	15.28%
<i>Reduced Speed Loss</i>	22.15%
<i>Yield Loss</i>	4.12%
<i>Rework Loss</i>	2.67%

*hasil pengolahan data

Dari hasil perhitungan secara kumulatif dalam tahun 2016 seperti ditunjukkan dari tabel diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa losses terbesar adalah berasal dari *Setup Loss* 22.63 %, *reduced speed loss* 22.15 % dan *idling and minor stoppages* sebesar 15.28 %.

Diagram Sebab Akibat

A. Diagram sebab akibat *Setup Loss*

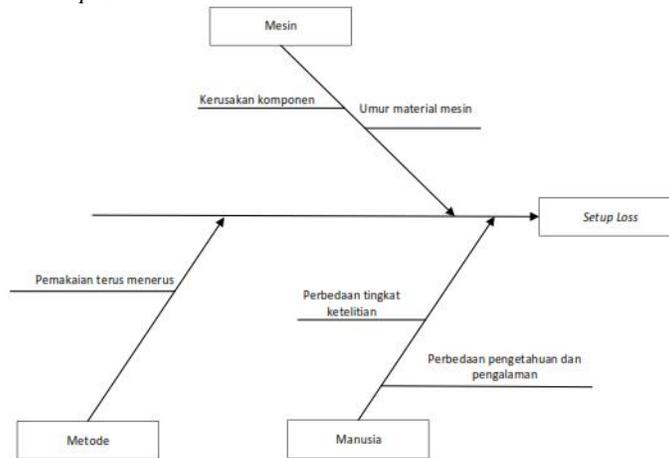


Diagram sebab akibat *setup loss*

B. Diagram sebab akibat *Idling and minor stoppages*

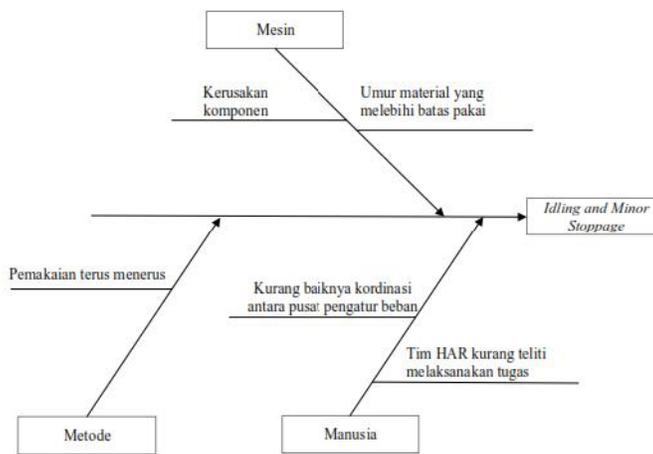


Diagram sebab akibat *Idling and minor stoppages*

C. Diagram sebab akibat *Reduced speed loss*

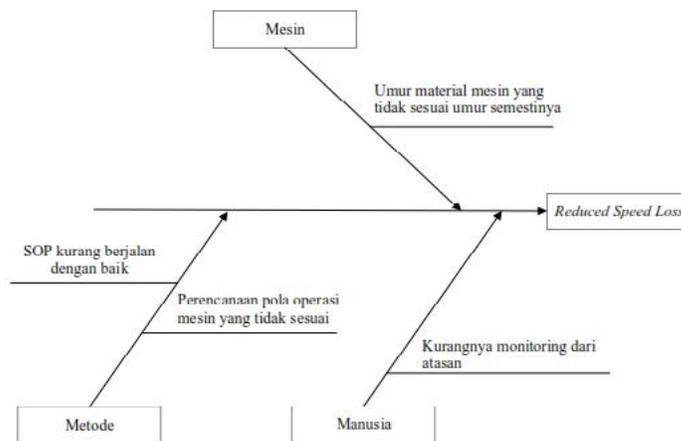


Diagram sebab akibat *Reduced speed loss*

Usulan Penyelesaian Masalah

No	Faktor	Penyelesaian Masalah
1	Manusia - Kurangnya monitoring atasan - Perbedaan tingkat pengetahuan dan pengalaman	- Melakukan evaluasi bulanan terhadap kinerja pegawai/ operator - Memberikan pelatihan atau diklat - Melakukan <i>knowledge sharing</i> atau tukar ilmu untuk menambah wawasan
2	Mesin - Umur material yang sudah melewati batas pakai/tua - Perencanaan pola operasi mesin yang tidak sesuai	- Melakukan penggantian pada material yang sudah melewati batas pakai dengan material baru - Membuat pola operasi mesin yang sesuai dengan kebutuhan sistem sehingga dapat dilakukan perencanaan yang baik agar mesin dapat dilakukan secara tepat waktu dan dapat beristirahat agar komponen mesin lebih tahan lama.
3	Metode - SOP tidak berjalan dengan baik - Perencanaan jadwal pemeliharaan mesin yang tidak sesuai	- Melakukan evaluasi SOP dan melakukan penyesuaian terhadap kondisi di lapangan supaya SOP dapat berjalan dengan baik - Pelaksanaan pemeliharaan mesin mengacu pada alat <i>reminder</i> pemeliharaan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan uraian hasil pengukuran OEE di PLTD Haruku, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Secara umum proses pemeliharaan mesin dengan menggunakan alat *reminder* pemeliharaan telah memenuhi standar OEE yaitu sebesar 94.37%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan alat *reminder* pemeliharaan sangat efektif dalam membantu penerapan TPM yang ideal.
2. Meskipun memiliki nilai OEE yang baik, namun masih terdapat persentase yang cukup tinggi pada perhitungan *Six Big Losses* yaitu *Setup Losses* 22,63 % , *Idling and Minor Stoopage* 15.28 % , dan *reduced speed losses* 22.15 % . Diharapkan dengan adanya evaluasi penyelesaian masalah dengan metode *fishbone* pada penelitian ini, mampu mengurangi beberapa *losses* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi., (2000)., *Manajemen Penelitian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Assauri, Sofjan., (2004)., *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Revisi. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Corder, Anthony., (1992)., *Teknik Manajemen Pemeliharaan terjemahan K. Hadi*. Jakarta: Erlangga.
- Garpersz, Vincent (1998). *Manajemen Produktivitas Total*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kurniawan, Appriilian., (2017)., *Evaluasi Efektivitas Pemeliharaan Menggunakan Alat Bantu Pengecekan Pelumas Dengan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) di PLTD Hative Kecil*. Ambon: Fakultas Teknik Universitas Pattimura.
- _____.Pusdiklat., (2011)., *Diktat Pemeliharaan PLTD*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- Setiawan, F.D., (2008)., *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*. Yogyakarta: Maximus.
- Shirose, Kunio., (1995)., *Total Productive Maintenance Team Guide*. Portland Oregon: Productivity Press.
- Takashi, Yoshikazu, Osada., (2000)., *Total Productive Maintenance-TPM, Technical Report*. Sweden: Lulea Tekniska Universitet.
- Tajiri, Masaji., (1993)., *TPM Implementation, A Japanese Approach*. New York. Wireman,
- Terry. (2004). *Total Productive Maintenance*. 2nd ed. New York.

